

Aus der Klinik für Orthopädie und Rheumatologie
- Direktorin: Univ.-Prof. Dr. med. S. Fuchs-Winkelmann -
des Fachbereichs Medizin der Philipps-Universität Marburg

in Zusammenarbeit mit dem Universitätsklinikum Gießen und
Marburg GmbH, Standort Marburg

Stellenwert der kernspintomografischen Repositionskontrolle der kindlichen Hüftluxation

Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der
gesamten Humanmedizin

dem Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg
vorgelegt von

Cornelia Warda aus Essen
Marburg 2008

Angenommen vom Fachbereich Medizin
der Philipps-Universität Marburg am: 26. März 2009

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs.

Dekan: Prof. Dr. M. Rothmund
Referentin: Prof. Dr. S. Fuchs-Winkelmann
Korreferent: Prof. Dr. Dr. J. Heverhagen

Inhaltsverzeichnis

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	6
TABELLENVERZEICHNIS	8
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	9
I. EINLEITUNG.....	10
II. ALLGEMEINE PROBLEMATIK DER KONGENITALEN HÜFTGELENKLUXATION.....	12
2.1 DEFINITION	12
2.2 ÄTIOLOGIE UND KLINIK.....	12
2.2.1 <i>Mechanische Faktoren vor der Geburt.....</i>	<i>12</i>
2.2.2 <i>Endogene Faktoren vor der Geburt.....</i>	<i>13</i>
2.2.3 <i>Mechanische Faktoren nach der Geburt</i>	<i>13</i>
2.3 DIAGNOSTIK.....	13
2.3.1 <i>Klinische Diagnostik</i>	<i>14</i>
2.3.2 <i>Bildgebende Diagnostik.....</i>	<i>15</i>
2.4 KLASSIFIKATIONEN IM RAHMEN DER HÜFTGELENKLUXATIONS-DIAGNOSTIK	17
2.4.1 <i>Klassifikation nach Graf.....</i>	<i>18</i>
2.4.2 <i>Klassifikation nach Tönnis.....</i>	<i>19</i>
2.4.3 <i>Klassifikation der transversalen Schnittführung nach Suzuki</i>	<i>20</i>
2.4.4 <i>Klassifikation der Hüftkopfnekrose nach Tönnis und Kuhlmann.....</i>	<i>21</i>
2.4.5 <i>Definition der Abduktions- und Flexionsgrade der Beckenbeugeipse</i>	<i>21</i>
2.5 THERAPIE DER KONGENITALEN HÜFTGELENKLUXATION	22
2.5.1 <i>Konservative Therapieformen</i>	<i>22</i>
2.5.2 <i>Operative Therapie.....</i>	<i>24</i>
2.6 REPOSITIONSKONTROLLE.....	26
2.6.1 <i>Repositionskontrolle mit Sonografie.....</i>	<i>27</i>
2.6.2 <i>Repositionskontrolle mit Röntgen.....</i>	<i>27</i>
2.6.3 <i>Repositionskontrolle mit Arthrografie.....</i>	<i>27</i>
2.6.4 <i>Repositionskontrolle mit Computertomografie.....</i>	<i>27</i>
2.6.5 <i>Repositionskontrolle mit Magnetresonanztomografie.....</i>	<i>27</i>
2.7 KOMPLIKATIONEN	28
2.7.1 <i>Restdysplasie.....</i>	<i>28</i>
2.7.2 <i>Reluxation</i>	<i>28</i>
2.7.3 <i>Hüftkopfnekrose</i>	<i>29</i>
2.7.4 <i>Arthrose.....</i>	<i>29</i>
2.8 FRAGESTELLUNG UND HYPOTHESEN DER VORLIEGENDEN STUDIE	30

III. MATERIAL UND METHODEN.....	31
3.1 KLINISCHE DATEN	31
3.1.1 <i>Patientenkollektiv</i>	31
3.1.2 <i>Subgruppe – Reluxationsereignis</i>	33
3.1.3 <i>Subgruppe – Kein Reluxationsereignis</i>	34
3.2 ENTWICKELTE KLASSIFIKATIONEN FÜR DIE MRT-BILDAUSWERTUNG	34
3.2.1 <i>Klassifikation der coronaren MRT-Bilder</i>	35
3.2.2 <i>Klassifikation der transversalen MRT-Bilder</i>	36
3.3 SUBGRUPPE: FÄLLE MIT AUSGEWERTETER BILDGEBUNG	37
3.3.1 <i>Patientenkollektiv</i>	37
3.3.2 <i>Auswertung der Röntgenbilder</i>	37
3.3.3 <i>Auswertung der MRT-Bilder</i>	38
3.3.4 <i>Transversale Reluxationsfälle nach der neuen Klassifikation</i>	38
3.4 STATISTISCHE AUSWERTUNG	39
3.4.1 <i>Patientenkollektive</i>	39
3.4.2 <i>Entwickelte Klassifikationen für die MRT-Bildauswertung</i>	39
IV. ERGEBNISSE	41
4.1 ERGEBNISSE DER KLINISCHEN DATEN	41
4.1.1 <i>Patientenkollektiv</i>	41
4.1.2 <i>Subgruppe – Reluxationsereignis</i>	44
4.1.3 <i>Subgruppe – kein Reluxationsereignis</i>	48
4.2 KLASSIFIKATIONEN	49
4.2.1 <i>Ergebnisse der Qualitätsbeurteilung der MRT-Bilder</i>	49
4.2.2 <i>Intra-observer Reliabilität</i>	49
4.2.2.1 <i>Coronare Schnittführung</i>	49
4.2.2.2 <i>Transversale Schnittführung</i>	50
4.2.3 <i>Inter-observer Reliabilität</i>	51
4.2.3.1 <i>Coronare Schnittführung</i>	51
4.2.3.2 <i>Transversale Schnittführung</i>	52
4.3 BILDGEBUNGSVERGLEICH: RÖNTGEN VS. MRT UND RÖNTGEN	53
4.3.1 <i>Patientenkollektiv</i>	53
4.3.2 <i>Ergebnisse der Röntgenbildauswertung</i>	56
4.3.2.1 <i>Erstes Bild – letzte Nachuntersuchung</i>	56
4.3.2.2 <i>Zusammenhang zwischen der initialen Luxationsgradeinteilung nach Tönnis und dem Auftreten einer Reluxation</i>	58
4.3.3 <i>Ergebnisse der MRT-Bildauswertung</i>	59

4.3.3.1 Klassifikation der coronaren Schnittführung in Abhängigkeit zu einem Reluxationsereignis	60
4.3.3.2 Klassifikation der transversalen Schnittführung in Abhängigkeit zu einem Reluxationsereignis	61
4.3.3.3 Betrachtung der abweichenden Fälle innerhalb des transversalen Bildkollektivs.....	62
V. DISKUSSION.....	63
5.1 DISKUSSION DER KLINISCHEN DATEN	63
5.2 DISKUSSION DER BILDGEBENDEN VERFAHREN UND ANGEWENDETEN KLASSIFIKATIONEN	66
VI. ZUSAMMENFASSUNG.....	75
VII. LITERATURVERZEICHNIS.....	77
VIII. AKADEMISCHE LEHRER.....	85
IX. DANKSAGUNG	86

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1	Ortolani-Zeichen.....	14
Abb. 2.2	Arthrografie des Hüftgelenks.....	16
Abb. 2.3	Sonometer.....	19
Abb. 2.4	Luxationsgrade nach Tönnis.....	20
Abb. 2.5	Verlagerungstypen der sonografischen Einteilung nach Suzuki.....	21
Abb. 2.6	Overhead-Extension.....	22
Abb. 2.7	Sitz-Hock-Stellung.....	23
Abb. 2.8	Pfannendachplastik.....	25
Abb. 3.1	Gradeinteilung coronarer MRT-Bilder.....	36
Abb. 3.2	Transversale Hüftansicht.....	36
Abb. 3.3	Gradeinteilung transversaler MRT-Bilder.....	37
Abb. 4.1	Häufigkeiten der einzelnen Diagnosegrade klassifiziert nach Graf innerhalb des gesamten Patientenkollektivs.....	41
Abb. 4.2	Geschlechterverteilung innerhalb der Subgruppe mit Reluxationsereignis.....	44
Abb. 4.3	Verteilung der Diagnosegrade innerhalb der Subgruppe mit Reluxationsereignis.....	44
Abb. 4.4	Diagnosegrade zu Reluxationszeitpunkt in der Subgruppe mit Reluxationsereignis.....	45
Abb. 4.5	Korrelation zwischen Reluxation und Arthrografie im Gesamtkollektiv.....	47
Abb. 4.6	Korrelation zwischen Reluxation und Operation im Sinne einer Osteotomie im Gesamtkollektiv.....	47
Abb. 4.7	Häufigkeiten Geschlecht in der Subgruppe ohne Reluxation.....	48
Abb. 4.8	Häufigkeiten Diagnosegrad in der Subgruppe ohne Reluxation.....	48
Abb. 4.9	Qualitätsbeurteilung coronar und transversal.....	49
Abb. 4.10	Häufigkeiten der Fälle mit ausgewerteten MRT- und Röntgenbildern.....	54
Abb. 4.11	Korrelation zwischen Reluxation und Arthrografie in der Subgruppe Röntgen zu MRT und Röntgen.....	56
Abb. 4.12	Mittelwerte der AC-Winkel der initialen Röntgenbilder und dem letzten Bild während der Nachuntersuchungen.....	57
Abb. 4.13	Verteilung der Dysplasiegrade beim initialen Röntgenbild und dem	

letzten Bild der Nachuntersuchung.....	58
Abb. 4.14 Korrelation Reluxation zur initialen Gradeinteilung nach Tönnis.....	59
Abb. 4.15 Korrelation zwischen Reluxation und Gradeinteilung der neu entwickelten Klassifikation für MRT-Bilder in coronarer Schnittführung.....	60
Abb. 4.16 Reluxation zu Gradeinteilung der neu entwickelten Klassifikation für MRT-Bilder in transversaler Schnittführung.....	61
Abb. 5.1 Algorithmus zur Anwendung einer MRT im Rahmen einer kongenitalen Hüftgelenkluxation.....	73

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1 Strahlendosis und Sedationsbedarf bei den einzelnen Bildgebungen.....	17
Tab. 2.2 Deskriptive Begriffe für die knöcherne Formgebung, den knöchernen Erker und das knorpelige Pfannendach.....	18
Tab. 3.1 Betrachtete Daten des Kollektivs.....	32
Tab. 4.1 Kreuztabelle Reluxation zu Arthrografie im Gesamtkollektiv.....	47
Tab. 4.2 Kreuztabelle Reluxation zu Operationen im Gesamtkollektiv.....	47
Tab. 4.3 Intra-observer Reliabilität der neu entwickelten Klassifikation für MRT- Bilder in coronarer Schnittführung – alle Bilder und qualitativ gute Bilder.....	50
Tab. 4.4 Inter-observer Reliabilität der neu entwickelten Klassifikation für MRT- Bilder in transversaler Schnittführung – alle Bilder und qualitativ gute Bilder.....	51
Tab. 4.5 Korrelations-Matrix der alpha-Reliabilitätsanalyse der MRT-Bilder in coronarer Schnittführung.....	51
Tab. 4.6 Korrelations-Matrix der alpha-Reliabilitätsanalyse der MRT-Bilder mit guter Qualität in coronarer Schnittführung.....	52
Tab. 4.7 Korrelations-Matrix der alpha-Reliabilitätsanalyse der MRT-Bilder in transversaler Schnittführung.....	52
Tab. 4.8 Korrelations-Matrix der alpha-Reliabilitätsanalyse der MRT-Bilder mit guter Qualität in transversaler Schnittführung.....	53
Tab. 4.9 Kreuztabelle Reluxation zu Arthrografie im Kollektiv Röntgen zu MRT und Röntgen.....	55
Tab. 4.10 Kreuztabelle Reluxation zur initialen Gradeinteilung nach Tönnis.....	59
Tab. 4.11 Kreuztabelle Reluxationsereignis zu den Gradeinteilungen der neu entwickelten Klassifikation für MRT-Bilder in coronarer Schnittführung.....	60
Tab. 4.12 Kreuztabelle Reluxation zu Klassifikationsgrad der neu entwickelten Klassifikation für MRT-Bilder in transversaler Schnittführung.....	61

Abkürzungsverzeichnis

a.p.	anterior-posterior
CDH	congenital dislocation of the hip
CT	Computertomografie
DGOOC	Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und orthopädische Chirurgie
DGOT	Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Traumatologie
ICP	infantile Cerebralparese
IDVO	intertrochantere derotierende varisierende Osteotomie
MRT	Magnetresonanztomografie
U3	dritte Vorsorgeuntersuchung bei Kindern

I. Einleitung

Die kongenitale Hüftluxation ist ein Erkrankungsbild, das seit Jahrhunderten die Medizin beschäftigt. Bereits Hippokrates war sich dieser Krankheit bewusst [100]. Erstmals genauer beschrieben wurde sie 1783 von Giovanni Battista Paletta im Rahmen eines Sektionsbefundes eines 15 Tage alten Jungen mit beidseitiger Luxation [69]. Dupuytren, der die nächste wegweisende Aufzeichnung zur Hüftluxation veröffentlichte, kam in seiner Arbeit 1826 zu dem Schluss, dass jegliche Behandlungsversuche zwecklos seien [19]. Diese Einstellung wurde verlassen und über die Jahre entwickelten sich viele unterschiedliche Formen der Diagnostik und Therapie. Um einen Patienten heute optimal behandeln zu können, stehen im Bereich der Bildgebung Sonografie, Röntgen, Arthrografie, Magnetresonanztomografie (MRT) und Computertomografie (CT) zur Verfügung. Bei den Therapieoptionen lassen sich konservative und operative Verfahren unterscheiden (Spreizhosen, Retentionsgipse, operative Repositionen, Beckenosteotomien, u.a.).

Ende der 1980er Jahre veröffentlichten Bos et al. einen Artikel über ihre Erfahrungen mit der MRT in der Diagnostik und Therapiekontrolle bei der kindlichen Hüftgelenkluxation [10]. In Deutschland veröffentlichten Wirth und Franke erst 1998 ihre Ergebnisse zu diesem Thema [26, 106]. In beiden Artikeln kommen die Autoren zu dem Schluss, dass die Magnetresonanztomografie „die anatomischen Verhältnisse des kindlichen Hüftgelenkes [...] darstellt und sogar subtile Abweichungen von der idealen Position des Hüftkopfes aufzeigt“ [26] bzw. „für die Frage der Stellungskontrolle eines reponierten Hüftgelenkes im Retentionsgips das bildgebende Verfahren der Wahl ist“ [106].

Pirpiris et al. [72] kamen 2006 in ihrer Studie, die MRT und Röntgen verglich, zu dem Schluss, dass Röntgen weiterhin die angemessene Bildgebung im Rahmen der Nachuntersuchung bei kongenitaler Hüftluxation darstelle.

Diese Arbeit befasst sich damit, ob die Therapiekontrolle durch die MRT in den Nachuntersuchungen signifikant andere Ergebnisse zeigt, als die Nachuntersuchungen der allein mit Röntgen durchgeführten Therapiekontrollen. Besonderes Augenmerk wird dabei darauf gelegt, ob im Vergleich zur alleinigen

Röntgenbildgebung durch die MRT-Therapiekontrolle Relaxationsereignisse besser dargestellt werden oder überhaupt erst diagnostiziert werden.

II. Allgemeine Problematik der kongenitalen Hüftgelenkluxation

2.1 Definition

Bei der Hüftgelenkluxation liegt eine partielle (Subluxation) oder komplette Luxation des Hüftkopfes aus der Hüftpfanne vor. Eine Hüftgelenkluxation kann in seltenen Fällen bereits in der Embryonalphase, häufiger in der fetalen Phase entstehen und ist dann bereits bei der Geburt als Luxation nachweisbar (echte angeborene Hüftgelenkluxation). Meistens handelt es sich um eine bei der Geburt vorliegende Instabilität des Gelenks, die erst sekundär zu einer Hüftgelenkluxation führt. Lorenz prägte hierfür den Begriff der „angeborenen Hüftgelenkluxation“ [55]. Synonyme für die kongenitale Hüftgelenkluxation sind: congenital dislocation of the hip (CDH) [37] und luxation congénitale de la hanche [65].

2.2 Ätiologie und Klinik

Wenn eine Hüftgelenkluxation bereits innerhalb der embryonalen Phase entsteht, ist diese größtenteils mit anderen Fehlbildungen kombiniert. Diese Luxationen sind selten (2% aller Hüftgelenkluxationen) und werden als *teratologische* bzw. *kongenitale Luxationen* im engeren Sinne bezeichnet.

Abzugrenzen davon sind diejenigen Luxationen, die bei intrauteriner Raumnot während der fetalen Phase entstehen. [65].

Viel häufiger ist die Ätiologie jedoch multifaktoriell bedingt. Dabei wirken mechanische und funktionelle Faktoren des fetalen und mütterlichen Organismus sowie gelegentlich auch postnatale exogene Einflüsse zusammen und führen zur Instabilität des Hüftgelenks und letztendlich zur Luxation [49].

2.2.1 Mechanische Faktoren vor der Geburt

Zu den mechanischen Faktoren vor der Geburt, die im späteren Verlauf zu einer Hüftgelenkluxation führen können, gehören die intrauterine Raumenge, die erste Hinterhauptslage des Feten und die Beckenendlage.

Die intrauterine Raumenge – vor allem im letzten Schwangerschaftstrimenon – kann das Hüftgelenkwachstum beträchtlich dadurch beeinflussen, dass die Hüftgelenkbeweglichkeit des Feten behindert ist [49].

Die erste Hinterhauptslage ist verantwortlich für das Überwiegen der Hüftgelenkluxation auf der linken Seite (75% der Fälle) [42]. Bei dieser Lage

kommt das linke fetale Hüftgelenk vor dem Promontorium der Mutter zum Liegen. Die kindliche Hüfte, die im mütterlichen Becken fest sitzt, wird hierbei durch den gegen das mütterliche Kreuzbein drückenden Oberschenkel forciert flektiert und adduziert [42].

Die Beckenendlage steuert sowohl durch mechanische als auch durch neuromotorische Störungen zur Entstehung der Hüftgelenkluxation bei. Der wesentliche Faktor ist in diesem Zusammenhang, dass bei der Beckenendlage durch die Streckung im Kniegelenk die Ischiokruralmuskulatur stärker angespannt wird, wodurch die Hüftgelenkinstabilität verstärkt wird [84].

2.2.2 Endogene Faktoren vor der Geburt

In direkter Beziehung mit der mütterlichen Östrogen- und Relaxinproduktion, die für den Beckenaufschluss verantwortlich ist, steht die zur Luxation disponierende Laxität des fetalen Hüftgelenks. Die Hormone greifen insbesondere an der Hüftgelenkkapsel des weiblichen Feten an und führen dort zu oder verstärken Kapsel-Band-Schwächen [11, 107], bei männlichen Feten konnte diese Reaktion an der Kapsel nicht festgestellt werden.

2.2.3 Mechanische Faktoren nach der Geburt

Da das Hüftgelenk zum Zeitpunkt der Geburt noch unreif ist, bedarf die erhöhte Laxität und die knöchern-knorpelige Formsicherung einer postnatalen Nachreifung [49, 107].

Förderlich für die postnatale Nachreifung ist hier eine Fortsetzung der intrauterinen Beugestellung der Hüftgelenke, der sogenannten „human position“ nach Salter [78]. Demgegenüber wird eine dauerhafte Streckung der Hüftgelenke als luxationsfördernd angesehen [65].

2.3 Diagnostik

Bei der Diagnostik der Hüftgelenkluxation ergänzen sich klinische Untersuchungen und bildgebende Verfahren. Das kindliche Hüftgelenk wird routinemäßig im Rahmen der dritten kinderärztlichen Vorsorgeuntersuchung (U3) untersucht. In manchen Geburtskliniken, die an eine Kinderklinik angebunden sind oder sich in einem Haus mit einer Orthopädie mit kinderorthopädischem Schwerpunkt befinden, wird die Kindshüfte bisweilen

auch während des postpartalen Krankenhausaufenthaltes der Mutter im Hinblick auf ein Luxationsgeschehen oder eine Dysplasie untersucht. Sollte unabhängig von diesen Untersuchungen der Verdacht auf eine Hüftgelenkluxation bestehen, wird diese Vermutung ärztlich überprüft.

2.3.1 Klinische Diagnostik

Bei der Inspektion ist auf asymmetrische Hautfalten zu achten, auch wenn diese auf Grund der zumeist natürlicherweise aufkommenden Asymmetrie der Säuglingshautfalten nicht sehr aussagekräftig sind [37].

Die wesentlichen klinischen Untersuchungen sind das Ortolani- und Barlow-Zeichen. Bei der Untersuchung nach Ortolani [68] werden die Beine im Knie- und Hüftgelenk um 90° flektiert. Der Untersucher umfasst jeweils mit einer Hand den ventralen Oberschenkel nahe des Kniegelenkes, so dass der Mittelfinger über dem Trochanter major zu liegen kommt. Die Beine

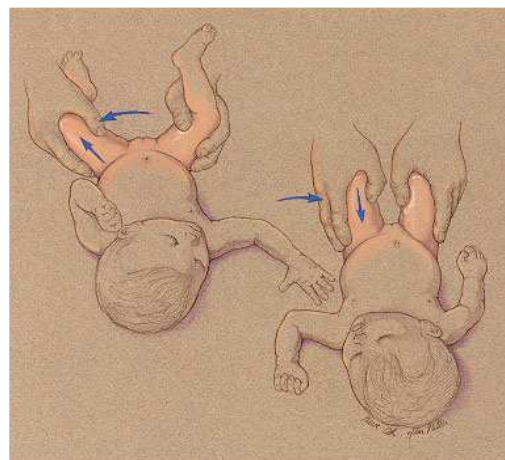


ABB. 2.1 ORTOLANI-ZEICHEN

werden zunächst adduziert und außenrotiert. Gleichzeitig wird ein axialer Druck auf das proximale Femur ausgeübt. Wird hierbei der Femurkopf aus der Luxations- oder Subluxationsstellung in das Acetabulum reponiert, so wird ein schnappendes Geräusch hörbar. Der Untersucher kann das Repositionsereignis auch direkt an seinem Mittelfinger spüren. Diese Untersuchung wird am wachen Kind durchgeführt.

Die Untersuchung nach Barlow [3] legt im Vergleich zur Untersuchung nach Ortolani mehr Wert auf den Daumendruck, als auf den Ab- und Adduktionsvorgang. Die Hüften werden in eine mittlere Abduktion gebracht; dann wird zunächst durch Druck auf den Trochanter major der Repositionsvorgang geprüft. Anschließend versucht der Untersucher aus der gleichen Abduktionsstellung durch Druck nach dorsal und lateral den Hüftkopf zu luxieren. Schnappt der Hüftkopf dabei wieder zurück, so ist die Hüfte „luxierbar“, das heißt, dass das Hüftgelenk instabil ist und luxieren kann [3].

Beiden Untersuchungen ist gemein, dass sowohl das Ortolani-Schnappen, als auch das Barlow-Zeichen bei einem instabilen Hüftgelenk nur für einen gewissen Zeitraum positiv ist. Beim Ortolani-Schnappen handelt es sich dabei zumeist um vier Wochen [37], während das Barlow-Zeichen bei 80% aller instabilen Hüftgelenke während der ersten zwei Lebensmonate ausgelöst werden kann [49].

2.3.2 Bildgebende Diagnostik

Zu den bildgebenden Verfahren bei der Diagnostik der Hüftgelenkluxation gehören die Sonografie, das Röntgen, die Arthrografie, die CT und die MRT. Die anzuwendende Methode ist unter anderem auch vom Alter des Kindes abhängig.

Sonografie

Für Kinder unter einem Jahr ist die Sonografie die Methode der Wahl, da sie die knorpeligen Komponenten des Acetabulums und des Femurkopfes, die nicht auf Röntgenbildern dargestellt werden können, demonstriert [35]. Die dargestellten knorpeligen Komponenten ermöglichen eine genauere Abbildung der Lage des Hüftkopfes im Acetabulum und die eventuell bestehende Dysplasie, die nur anhand eines Röntgenbildes nicht vollends diagnostiziert werden kann.

Bei der sonografischen Methode nach Graf [31] wird die Morphologie betont und die Lage der Hüfte basierend auf Winkelmessungen des Acetabulums klassifiziert. Harcke schlägt eine multipositionale Beurteilung vor, die die physikalische Untersuchung widerspiegelt [35].

Röntgen

Der erfolgversprechendere Gebrauch von Röntgenaufnahmen steigt mit dem Alter des Kindes, da die fortschreitende Ossifikation der Beckenstrukturen auf Röntgenbildern gut darstellbar ist. Da Sonografie und Röntgen jedoch grundsätzlich andere Strukturen abbilden, ist die Indikation einer Röntgenaufnahme nicht nur auf die Zeit beschränkt, ab der die Sonografie in ihrer Darstellungskraft abnimmt [66].

Der Untersucher betrachtet sowohl bei der Sonografie, als auch beim Röntgenbild vor allem die Hüftkopf-Pfannen-Relation, bestehende Zentrierungsdefizite, die Hüftform und Ossifikationsstörungen, wobei die beiden letztgenannten Aspekte in der Röntgenübersicht des kindlichen Hüftgelenkes besonders deutlich werden [66].

Arthrografie

Die Arthrografie stellt sowohl die knorpeligen, als auch die knöchernen Anteile des kindlichen Hüftgelenks dar [48] und ist darüber hinaus beachtlich gut dazu geeignet Weichteilinterponate sichtbar zu machen [2, 25, 54]. Im Rahmen der Behandlung ist die Arthrografie sehr gut dazu geeignet die beste Position der Rezentralisierung des Hüftkopfes aufzuzeigen [16]. Zur Durchführung einer Arthrografie wird Kontrastmittel in das Hüftgelenk injiziert,



ABB. 2.2 ARTHROGRAFIE DES HÜFTGELENKS

um den Femurkopf bis zur Umschlagfalte der Gelenkkapsel und das Acetabulum vom kranialen Labrum bis zum kaudalen Pfannenrand mit dem Ligamentum transversum darzustellen. Auch das Ligamentum capitis femoris wird dargestellt [38]. Die Nachteile der Arthrografie bestehen darin, dass sie invasiver Natur ist und die Bildgebung eine zu bedenkende Dosis an ionisierender Strahlung verwendet [88].

Computertomografie

Bei der CT lassen sich die knorpeligen Strukturen, in diesem Falle bei der Hüfte, jedoch auch allgemein, nur indirekt durch die Relationen der anatomischen Gegebenheiten zueinander darstellen. Knöcherne Elemente hingegen sind gut erkennbar [35]. Die Computertomografie wird aufgrund ihrer hohen Strahlenbelastung [17], ihrer hohen Kosten [20] und auch der Notwendigkeit einer Sedation des Kindes [48] kaum noch angewendet [26, 39].

Magnetresonanztomografie

Die konventionelle MRT hat viele Vorteile. Sie liefert eine gute Weichteilunterscheidung [9, 10], Visualisierung knorpeliger Strukturen [61] und multiplanare Bilder ohne jegliche Strahlenbelastung [10]. Gleichwohl ist diese Technik zeitaufwendig. Funktionsaufnahmen sind nur unter großem Aufwand produzierbar. Darüber hinaus ist als Nachteil zu sehen, dass bei jungen Kindern eine generelle Sedation notwendig wird [88].

Zusammenfassend lassen sich die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Methoden bezüglich Strahlendosis und Sedationsnotwendigkeit tabellarisch darstellen:

Bildgebung	Strahlendosis	Sedation notwendig
Sonografie	keine	nein
Röntgen (a.p.-Beckenübersicht)	Dosis-Flächen-Produkt: 500cGy * cm ² Oberflächendosis: 10mGy	nein
Arthrografie	Dosis-Flächen-Produkt: 100cGy * cm ² Oberflächendosis: 15mGy	ja
CT	Dosis-Längen-Produkt: 500cGy * cm CTDI: 28mGy	von Vorteil
MRT	keine	von Vorteil

TAB. 2.1 STRAHLENDOSIS UND SEDATIONSBEDARF BEI DEN EINZELNEN BILDGEBUNGEN

2.4 Klassifikationen im Rahmen der Hüftgelenkluxationsdiagnostik

Im Folgenden sollen die Klassifikationen, die im Rahmen einer Hüftgelenkluxation zum Tragen kommen, aufgeführt und erläutert werden. Dabei handelt es sich um die sonografische Einteilung nach Graf [31], die Einteilung der Luxation anhand einer Beckenübersichtsaufnahme nach Tönnis [93], die sonografische Einteilung nach Suzuki [47], die Klassifikation der Nekrosegrade nach Tönnis und Kuhlmann [24, 97] und nicht zuletzt die Definition der verschiedenen Beckenbeingipsformen nach Lorenz und Fettweis [24, 56].

2.4.1 Klassifikation nach Graf

Graf [31] entwickelte Anfang der 1980er Jahre eine Ultraschalluntersuchung der Säuglingshüfte, die einen wesentlichen Fortschritt in der Diagnostik der kongenitalen Hüft dysplasie und auch -luxation darstellt [38]. Um die Klassifikation nach Graf anwenden zu können, muss die Sonografie des Hüftgelenks von lateral, unter Verwendung eines Linearscanners, erfolgen.

Zur Beurteilungshilfe hat Graf zwei Winkel eingeführt: Den α -Winkel (Winkel zwischen Pfannenerker und Y-Fuge sowie dem lateralen Rand des Os ilieum) und den β -Winkel (Winkel zwischen der lateralen Begrenzung des Os ilieum und der Verbindungslinie zwischen Pfannenerker und Labrum) [38].

Bei der Beschreibung der Hüftsituation unterscheidet Graf neun verschiedene Hüft-Typen:

Typ	Knöcherne Formgebung	Knöcherner Erker	Knorpeliger Erker
ausgereifte Hüfte I a (jedes Lebensalter)	Gut	eckig	übergreifend
I b (jedes Lebensalter)	Gut	meist geschweift („stumpf“)	übergreifend
Physiologische Verknöcherungsverzögerung Altersgemäß II a +	ausreichend	rund	übergreifend
II a mit Reifungsdefizit (bis 3. Lebensmonat) II a -	mangelhaft	rund	übergreifend
II b Verknöcherungsverzögerung (ab 3. Lebensmonat)	mangelhaft	rund	übergreifend

II c gefährdete oder kritische Hüfte (jedes Lebensalter)	mangelhaft	rund bis flach	noch übergreifend
D dezentrierende Hüfte (jedes Lebensalter)	hochgradig mangelhaft	rund bis flach	verdrängt
Dezentrierte Gelenke			
III a	schlecht	flach	nach kranial verdrängt, ohne Struk- turstörung
III b	schlecht	flach	nach kranial verdrängt, mit Struk- turstörung
IV	schlecht	flach	nach kaudal verdrängt

TAB. 2.2 DESKRIPTIVE BEGRIFFE FÜR DIE KNÖCHERNE FORMGEBUNG, DEN KNÖCHERNEN ERKER UND DAS KNORPELIGE PFANNENDACH

Die bei der Sonografie erhaltenen Winkel α und β lassen sich mit Hilfe des Sonometers den einzelnen Typen zuordnen.

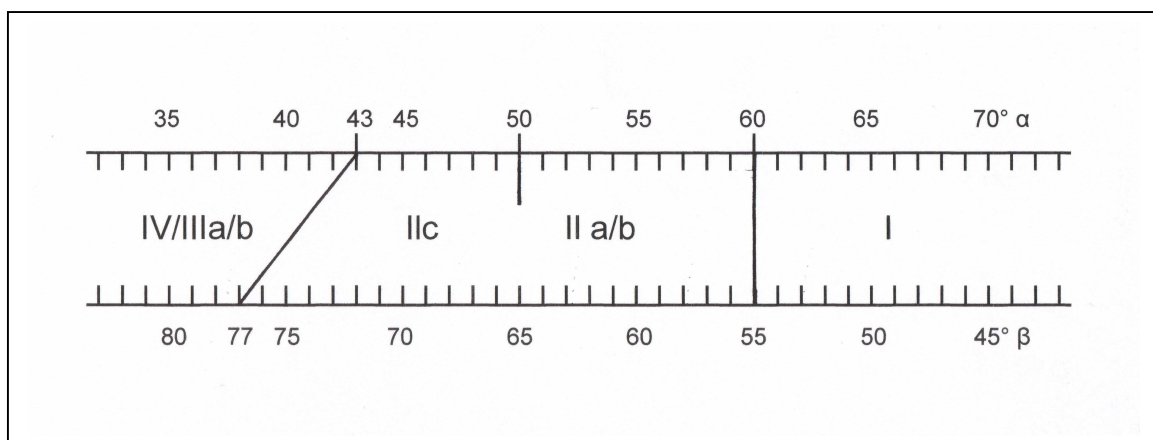


ABB. 2.3 SONOMETER

So lässt sich durch die Einteilung nach Graf aus Beschreibung und Winkelmessung die Situation der jeweiligen Hüfte ermitteln.

2.4.2 Klassifikation nach Tönnis

Nach der Definition des Arbeitskreises für Hüft dysplasie der deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Traumatologie (DGOT jetzt DGOOC) werden auf anteroposterioren (a.p.) - Beckenübersichtsröntgenaufnahmen je nach Lage

des Hüftkopfkernes vier röntgenologische Luxationsgrade unterschieden [49, 93].

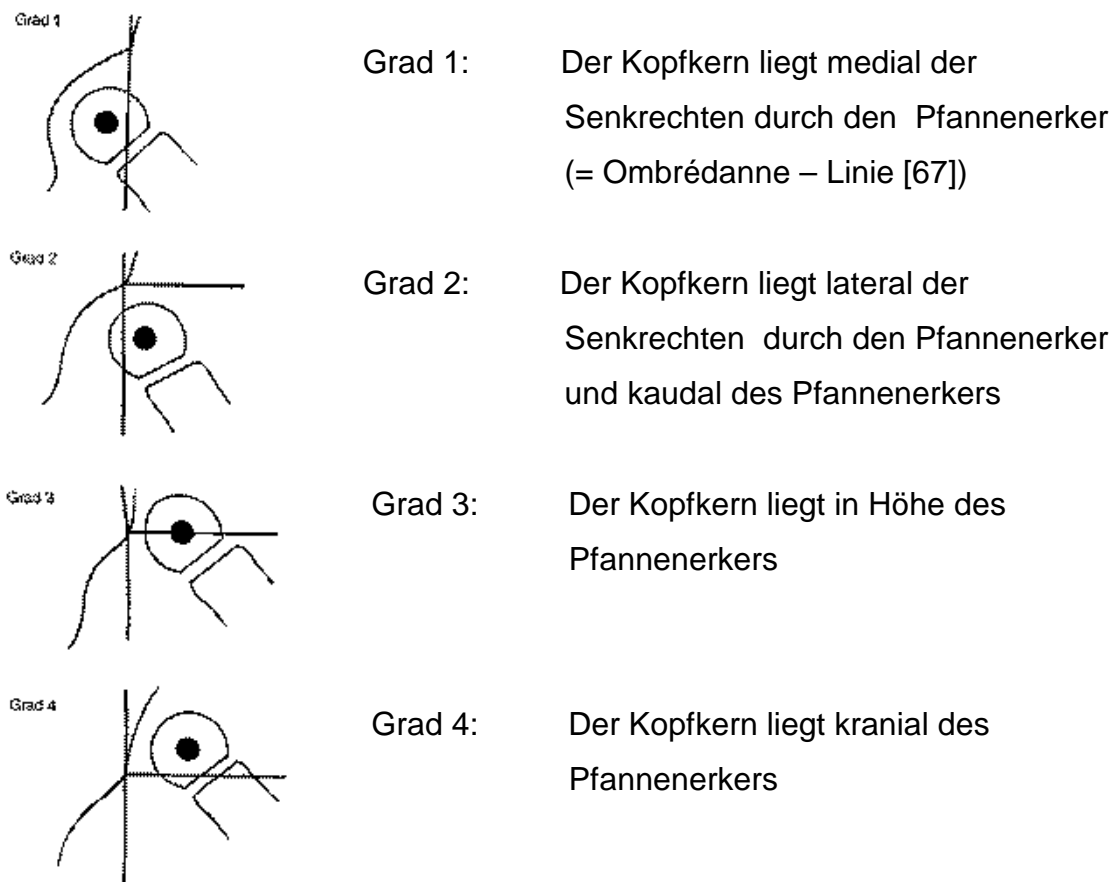


ABB. 2.4 LUXATIONSGRADE NACH TÖNNIS

2.4.3 Klassifikation der transversalen Schnittführung nach Suzuki

Suzuki [86] stuft die verbleibende Verlagerung entsprechend der Beziehung zwischen Femurkopf und Acetabulum ein. Dabei unterscheidet er drei Typen:

- Typ A: Der Femurkopf ist posterior verlagert, befindet sich aber innerhalb der Pfanne. Es besteht Kontakt zwischen dem Femurkopf und der inneren, posterioren Wand des Acetabulums.
- Typ B: Der Femurkopf steht mit seinem Drehpunkt in Kontakt zum posterioren Rand des Acetabulums oder liegt anterior davon.
- Typ C: Der Femurkopf ist außerhalb der Pfanne verlagert. Der Drehpunkt des Kopfes liegt posterior der posterioren Kante des Acetabulums.

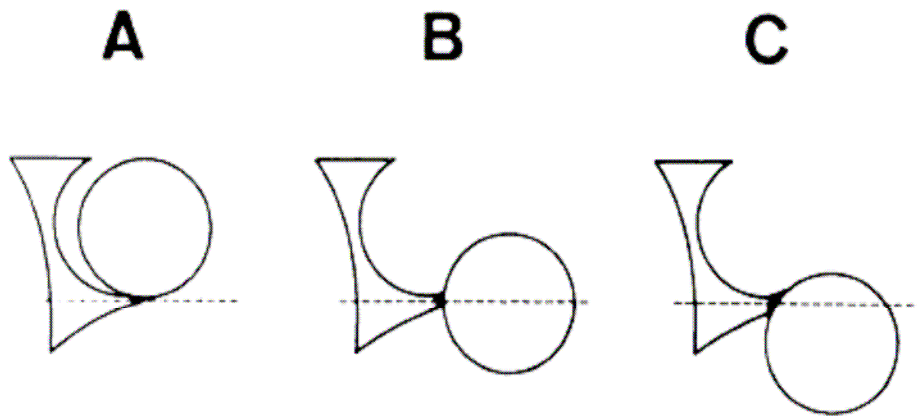


ABB. 2.5 VERLAGERUNGSTYPEN DER SONOGRAFISCHEN EINTEILUNG NACH SUZUKI

2.4.4 Klassifikation der Hüftkopfnekrose nach Tönnis und Kuhlmann

Zur Beurteilung einer möglichen Hüftkopfnekrose während der Behandlung oder im Rahmen der Nachuntersuchung hat sich im deutschsprachigen Raum die Einteilung nach Tönnis und Kuhlmann [97] durchgesetzt. Sie setzt sich aus vier Nekrosegraden zusammen und bezieht sich allein auf Röntgenbilder:

- Grad I: geringster Grad, gering unscharfe Berandung, leicht körnige und etwas unregelmäßige Struktur des Hüftkopfkernes; im Allgemeinen reversibel mit restitutio ad integrum
- Grad II: stärker unregelmäßige Berandung und stärker aufgelockert-körnige Struktur des Hüftkopfkernes mit eventueller Zystenbildung; oder ausgestanzte Teildefekte; häufig weitgehend reversibel oder leichte Kopfabplattung
- Grad III: scholliger Zerfall oder Reduktion auf einzelne Fragmente oder flache Streifen; primäre Kopf- und Schenkelhalsdeformierungen können sich rückbilden, wenn die Wachstumsfuge unversehrt blieb
- Grad IV: zusätzliche Beteiligung der Epiphysenfuge und damit schwere Wachstumsstörungen

2.4.5 Definition der Abduktions- und Flexionsgrade der Beckenbeingipse

Zur Retention der Reposition des Hüftgelenks werden verschiedene Beckenbeingipse verwendet. War dies früher zumeist der Lorengips, so wird dieser nun vorwiegend von einem Fettweisgips in Sitz-Hock-Stellung ersetzt. Der Lorengips, dessen Stellung auch als Froschstellung bezeichnet wird, weist

eine Behandlungsstellung der Beine in 90° Beugung, verbunden mit 90° Spreizung in den Hüftgelenken auf [56].

Beim Fettweisgips in Sitz-Hockstellung sind die Hüftgelenke bis zu 110-120° flektiert, die Abduktion hingegen ist auf ca. 50-60° begrenzt [24].

2.5 Therapie der kongenitalen Hüftgelenkluxation

Die Therapieziele der kongenitalen Hüftgelenkluxation sind für jede Art der Therapie gleich: Sie umfassen die Reposition, die Retention, die Nachreifung der Pfanne und die Vermeidung einer Reluxation [79].

Sowohl für die konservative, als auch für die operative Therapie gelten bestimmte Behandlungsprinzipien. Diese werden nachfolgend kurz vorgestellt. Es sind generell stadien- und altersabhängige Behandlungen, die frühestmöglich beginnend, schonend und möglichst funktionell zur optimalen Einstellung des Hüftkopfes in die Pfanne führen sollen [79]. Zu den konservativen Therapieformen gehören die manuelle Reposition, die Overhead-Extension und der Gipsverband. Zu den operativen Formen werden die offene Reposition und Korrekturosteotomien am Becken gezählt.

2.5.1 Konservative Therapieformen

Bei der *manuellen Einrenkung* kommt es durch maximale Beugung, verbunden mit unterschiedlich starker Innenrotation zur Einstellung des Hüftkopfes [22]. Die manuelle Einrenkung sollte nur in den ersten Lebenstagen bei positivem Ortolani-Zeichen durchgeführt werden [79], da zu diesem Zeitpunkt noch keine Notwendigkeit einer Vorbehandlung im Sinne von Vordehnung der Muskeln, der Sehnen und der Gelenkkapsel besteht [73].

Wenn die manuelle Einrenkung nicht gelingt oder das Kind bereits zu alt ist, wird die Reposition mit Hilfe der *Overhead-Extension* angestrebt. Dabei handelt es sich um eine senkrecht nach oben gerichtete Extension bei 90° Beugung im Hüftgelenk und schwebendem Becken [40]. Die Vorteile der



ABB.2.6 OVERHEAD-EXTENSION

Overhead-Extension liegen in der Möglichkeit der schonenden Reposition ohne Torquierung der Gelenkkapsel. Nachteilig an dieser Behandlungsmethode ist, dass sie größtenteils stationär durchgeführt werden muss [109]. Dabei werden zwei Stangen seitlich am Bett montiert, die mit einer Querstange über dem Bett miteinander verbunden werden. Mit Bandagen wird an die Beine des Kindes ein Gewicht gebunden, das sukzessiv über mehrere Tage um je 200g gesteigert wird, bis es etwa 1-1,5kg (max. $\frac{1}{4}$ des Körpergewichts) beträgt. Nach senkrechtem Zug für circa eine Woche erfolgt dann eine Abduktion um täglich ungefähr 15°, um das Gelenk zu reponieren [14].

Als weitere konservative Therapieverfahren sind funktionelle Repositionsorthesen zu nennen. Genauer betrachtet sei hier die *Pavlik-Bandage*. Prinzip der Bandage ist, dass der natürliche Bewegungsdrang des Säuglings für die Beseitigung der Adduktorenspannung und für die Reposition ausgenutzt wird. Diese Riemenzügelbandage stellt die Knie- und Hüftgelenke in einer Beugung von 90° ein. Alle Bewegungen, bis auf die Extension, sind somit im Hüftgelenk freigegeben [74].

Neben den konservativen Repositionsformen gibt es konservative Retentionsverfahren. Zu den Retentionsverfahren gehören Bandagen, Orthesen und Gipsverbände. Dazu zählt unter anderem die *Spreizhosenbehandlung*. Becker [4-6] war einer der wenigen, der bereits ab 1949 versuchte, Luxationen der Hüfte mit der Spreizhose zu behandeln. Heute wird die Spreizhose weniger zur Behandlung der Luxation, als vielmehr zur Nachbehandlung oder Prävention verwendet [102]. Ziel der Behandlung ist eine Spreizung, da diese für die Nachreifung des Acetabulums am vorteilhaftesten ist. Die vollständige Lorenz-Stellung wurde bei den ersten Spreizhosen angestrebt. Frejka [27] entwickelte als erster ein solches Abduktionspolster [22]. Heute ist die erstrebte Abduktion geringer als 90°.

Die Methode des *Sitz-Hock-Gipses nach Fettweis* [23] versucht die ungünstigen Behandlungsergebnisse, – Kopfnekrosen, Schenkelhalsfehlstellungen und Reluxationsneigung – die durch die Lorenz-Stellung der Spreizhose nach Becker hervorgerufen wurden - zu vermeiden.



ABB 2.7 SITZ-HOCK-STELLUNG

Die Entscheidung für eines der genannten Retentionsverfahren hängt vor allem vom Stadium der Erkrankung und dem Ausmaß der Instabilität ab.

2.5.2 Operative Therapie

Die Ziele der operativen Therapie sind die Zentrierung des Hüftkopfes, die Stabilisierung des Gelenkes und die Normalisierung pathologischer Pfannen- und Schenkelhalswinkel. Indikationen für eine operative Therapie sind die ausgebliebene Reposition, eine Restdysplasie der Hüftpfanne und Sekundärveränderungen des coxalen Femurendes [57, 79].

Für die *offene Reposition* gibt es drei Zugangswege: einen medialen, einen vorderen und einen lateralen Zugang. Bevorzugt werden sollte der Zugang, der auch bei einem möglichen später notwendigen Osteotomieeingriff genutzt werden kann [65]. So entsteht bei einer eventuellen Operation einer fortbestehenden Dysplasie oder mangelhaften Zentrierung des Hüftkopfes im Acetabulum keine weitere Narbe.

Der üblichste Zugang ist der ventrale, vordere nach Smith-Petersen. Es handelt sich um einen von der Mitte des Leistenbandes kaudal in Längsrichtung über den ventralen Oberschenkel gezogenen Schnitt. Der Ansatz des M. rectus femoris wird dargestellt. Die Gelenkkapsel wird medial wie auch lateral des M. psoas dargestellt und eröffnet. Es wird eine gute Übersicht über das Hüftgelenk erreicht, sodass der Femurkopf gut reponiert werden kann [49, 81].

Der Zugang nach Ludloff [57] wird heute auch noch häufig angewendet. Er wird an der Innenseite des Oberschenkels durchgeführt, so dass die mediale Gelenkkapsel gut dargestellt werden kann.

Der dorsale Zugang, erstmals von v. Langenbeck beschrieben [52], erlaubt eine gute Übersicht über das Acetabulum, ist in Europa aber nicht gebräuchlich, da dieser Zugang kosmetisch nicht zu akzeptierende Narben hinterlässt [65].

Besteht nach der operativen Einstellung des Hüftkopfes ein pathologischer Pfannenwinkel, also eine Restdysplasie, so werden weitere operative Maßnahmen erforderlich. Zu diesen Maßnahmen gehören die verschiedenen Formen der Korrekturosteotomie am Becken und die Korrekturosteotomien am proximalen Femur.

Nicht nur eine bestehende Restdysplasie ist ein Grund für ein Beckenosteotomieverfahren. Bei Kindern, die älter als drei Jahre sind, ist eine

permanente Stabilisierung der luxierten Hüfte nicht mehr alleine durch eine offene Reposition zu erzielen, was ebenfalls eine Osteotomie notwendig macht [105]. Zu differenzieren sind hierbei Pfannendachplastiken, Kapselplastiken und Beckenosteotomien.

Bei einer *Pfannendachplastik* wird durch die Osteotomie das zu steile Pfannendach mobilisiert und über dem Hüftkopf horizontalisiert. Als Indikation für dieses Vorgehen gelten zum einen das Alter von 18 Monaten bis zu drei Jahren und zum anderen eine ausgeprägte Pfannendysplasie

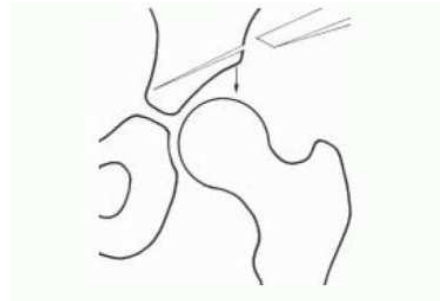


ABB. 2.8 PFANNENDACHPLASTIK

mit Hüftkopfsubluxation, die durch diese Verkleinerung des Pfanneneingangs behoben werden kann. Neben der von König [50], welcher als erster diese Technik darstellte, Dega [15] und Pemberton [71] sind verschiedene Verfahren in der Literatur beschrieben.

Eine *Kapselplastik* zeichnet sich dadurch aus, dass die Hüftkapsel als tragende Struktur in die Gelenkfläche mit einbezogen wird. Dabei wird die Gelenkfläche kranial von einem knöchernen Lager gestützt. Man unterscheidet in diesem Zusammenhang die Shelf-Plastik von der Beckenosteotomie nach Chiari.

Bei der Shelf-Plastik [82] werden zur Vergrößerung des verkürzten Acetabulums bei älteren Kindern und Jugendlichen kortikospongiöse Blöcke und spongiöse Späne im kranialen Bereich der Hüftgelenkkapsel aufgelagert. Die Kapselanteile metaplasieren durch Druckwirkung zu Faserknorpel.

Beim Vorgehen nach Chiari [13] wird das Becken dicht oberhalb der oberen Kopfrundung schräg nach medial ansteigend durchtrennt und das distale Fragment nach medial verschoben. Wie auch bei der Shelf-Plastik metaplasiiert die Hüftkapsel nun an der proximalen Osteotomiefläche zu Faserknorpel.

Beiden Verfahren wirken allerdings nur, wenn die Kapsel unter dosiertem Druck zur Metaplasie angeregt wird.

Die dritte Form der Korrekturosteotomie ist die Beckenosteotomie. Bei der *Beckenosteotomie* kann die Hüftpfanne durch Ein-, Zwei- oder Dreifachosteotomien als Ganzes mobilisiert und in gewünschter Art über den Hüftkopf geschwenkt werden. Das Alter des Patienten ist ein wesentlicher Aspekt bei der Indikationsstellung [105]: Im Falle einer gering- bis

mittelgradigen Pfannendysplasie wird im Alter von eineinhalb bis 15 Jahren die Beckenosteotomie nach Salter [77] durchgeführt. Dabei wird das Becken oberhalb der Hüftpfanne an der schmalsten Stelle durchtrennt und das distale Fragment um den Hebel in der Symphysenfuge nach ventrolateral geschwenkt. Im Alter von zehn bis 50 Jahren werden Zwei- und auch Dreifachosteotomien durchgeführt. Mit Techniken nach Tönnis [95], Steel [83] oder Hopf [43] kann die Hüftpfanne bei höhergradiger Dysplasie in der Adoleszenz oder im Erwachsenenalter durch Osteotomie von Os ischii, Os pubis und Os ilium über dem Hüftkopf mobilisiert werden.

Im Gegensatz zu den Techniken nach Tönnis, Steel oder Hopf wird bei der periacetabulären Osteotomie das Acetabulum ausgemeißelt, ohne dass alle Knochen vollständig durchtrennt werden. Bei der Methode nach Wagner [101], bei der die Gelenkpfanne kugelförmig ausgemeißelt wird, besteht große Gefahr einer avaskulären Nekrose des acetabulären Fragments. Ganz et al. [29] beschrieben eine periacetabuläre Osteotomie, bei der das Os ischii und Os ilium nicht vollständig durchtrennt werden, sondern beide Schnitte durch eine dorsale Osteotomie verbunden werden. Vorteilhaft an dieser Methode ist, dass sie durch einen einzigen ventralen Zugang durchgeführt werden kann.

Wenn durch den primären Pfannendacheingriff keine hinreichende Korrektur der Fehlförmigkeit erreicht werden kann, wird additiv eine intertrochantere varisierende Korrekturosteotomie durchgeführt. Diese wird vor allem auch bei vorliegenden Inkongruenzen und Coxa valga et antetorta angewendet.

2.6 Repositionskontrolle

Die verschiedenen Bildgebungsverfahren, die bei der Repositionskontrolle genutzt werden, entsprechen im Wesentlichen denen, die auch zur Diagnosefindung angewendet werden. Diese Verfahren wurden bereits in Kapitel 2.3 dargestellt. Aus diesem Grund sollen im Folgenden lediglich die Aspekte der einzelnen Bildgebungsarten hervorgehoben werden, die sich von denen vor der Reposition unterscheiden und z.B. mit dem Vorhandensein eines Gips in Verbindung stehen.

2.6.1 Repositionskontrolle mit Sonografie

Die Repositionskontrolle mittels Sonografie ist durch ein Fenster im Gips möglich. Sie ist sicher, visualisiert Knorpel und Weichteilstrukturen, nutzt keine ionisierenden Strahlen und bietet eine Echtzeit-Bilddarstellung [88]. Die Interpretation der Bilder jedoch ist schwierig und benötigt viel Erfahrung.

Bedenken wurden von McNally et al. dahingehend geäußert, dass das in den Gips geschnittene Fenster die Retentionskraft des Gipses mindern kann [63].

2.6.2 Repositionskontrolle mit Röntgen

Vorteilhaft bei der Bildgebung mit Röntgen ist, dass es sich um ein nichtinvasives, schnelles und relativ günstiges Verfahren handelt. Als nachteilig zu benennen ist, dass knorpelige Strukturen nicht darstellbar sind. Ebenso ist es schwierig, die genaue Beziehung von Femurkopf und Acetabulum zu bestimmen, da der knöcherne Kopfkern im Säuglingshüftkopf bis zu einem Alter von drei bis sechs Monaten noch nicht entwickelt ist. Zusätzlich erschwert wird die Interpretation des Bildes durch die Überlagerung mit Gips [48].

2.6.3 Repositionskontrolle mit Arthrografie

Die arthrografische Kontrolle wird oft vor der Reposition der luxierten Hüfte angewendet. Nach Anlage des Gipses kann sie nicht wiederholt werden. Bedenklich ist dabei, davon auszugehen, dass die während der Arthrografie gesehene Position des Hüftkopfes automatisch der im Gips entspricht [17].

2.6.4 Repositionskontrolle mit Computertomografie

Die Anwendung einer CT beinhaltet hohe Dosen an ionisierenden Strahlen und benötigt oft eine Sedierung des Kindes [48]. Hilfreich ist sie jedoch, wenn intraoperativ eine Arthrografie durchgeführt wurde und das Kontrastmittel noch nicht vollständig resorbiert wurde [63]. Darüber hinaus wird die Bildgebung mit CT nicht durch den umliegenden Gips beeinflusst [48].

2.6.5 Repositionskontrolle mit Magnetresonanztomografie

Die MRT bietet viele Vorteile. Dazu gehören die hervorragende Weichteildarstellung, multiplanare Bildgebung [88] und im Allgemeinen keine Beeinflussung durch den angebrachten Gips. Günstig ist weiterhin, dass keine

ionisierenden Strahlen verwendet werden, sodass z.B. bei Mädchen die Ovarien, die bei einer Röntgen- oder CT-Aufnahme im Strahlenweg liegen, keiner Strahlung ausgesetzt werden [48].

Nachteilig an diesem Verfahren ist, dass es sich um eine langwierige Prozedur handelt, die eine Sedation des Kindes erfordert und lediglich statische Aufnahmen ermöglicht [88].

2.7 Komplikationen

Die wesentlichen Ziele der Behandlung der kongenitalen Hüftgelenkluxation sind die Retention des Hüftkopfes, die Nachreifung der Pfanne und die Vermeidung einer Reluxation [79]. Das letztgenannte Ziel beinhaltet bereits eine der möglichen Komplikationen, zu denen es als Nachfolge der Behandlung kommen kann. Andere Komplikationen sind: Die Restdysplasie, die bereits benannte Reluxation, die Hüftkopfnekrose und die Arthrose, auf die im Folgenden näher eingegangen wird.

2.7.1 Restdysplasie

Maronna [62] erarbeitete die Definition der Restdysplasie. So ist die Restdysplasie ein, trotz adäquater und konsequenter Behandlung von Hüftdysplasien oder Luxation, verbleibendes Defizit in der Pfannenentwicklung. Tönnis beschreibt in "Die angeborene Hüftdysplasie und Hüftluxation im Kindes- und Erwachsenenalter" [89] die Grenzwerte normaler Pfannendachwinkel. Diese sind von Alter, Geschlecht und Hüftseite abhängig und lassen sich in drei Dysplasietyphen einteilen: keine Dysplasie, leichte Dysplasie und schwere Dysplasie.

Die Restdysplasie der Hüftpfanne nach Behandlung der Hüftgelenkluxation stellt eine Indikation zur operativen Therapie im Sinne einer Korrekturosteotomie dar [79].

2.7.2 Reluxation

Bei der Reluxation handelt es sich um eine erneute Luxation des Hüftkopfes aus der Pfanne, nach vorheriger erfolgreicher Zentrierung des Kopfes. Ursächlich dafür können Repositionshindernisse (bspw. Weichteilinterponate) sein, die nach Abnahme der Retentionsgipse wieder dazu führen, dass der

Kopf luxiert. Aber auch dysplastische Hüften, die anatomisch nicht in der Lage sind, den Hüftkopf zu halten oder, was es zu vermeiden gilt, unzureichend reponierte Hüften können zu einem Reluxationsereignis führen.

Wie auch bei der erstmaligen Luxation besteht die Gefahr der Entwicklung einer Sekundärpfanne (präarthrotische Deformität) [79] und einer Mangel durchblutung des Hüftkopfes, was die Ursache für eine Kopfnekrose darstellen kann.

2.7.3 Hüftkopfnekrose

Die Hüftkopfnekrose gehört zu den schwerwiegendsten Komplikationen der Behandlung der kongenitalen Hüftgelenkluxation [90], denn keine operative Maßnahme kann die Form des Hüftkopfes und seine Schädigung ändern. Die Folge ist ein Fehlwachstum mit früher Arthrose, Schmerzen und Behinderung. Verschiedenen Therapieformen spricht man ein erhöhtes Risiko für die Entwicklung einer Hüftkopfnekrose zu: Salter [78] und Gage und Winter [28] zeigten in retrospektiven Studien, dass die Immobilisierung der Hüfte in einem Gips in der Stellung nach Lorenz oder Lange in bis zu 30% der Fälle zu einer Hüftkopfnekrose führte. Kahle [46] benennt die auf die Reposition vorbereitende Traktion als inzidenzsteigernd für die Kopfnekrose. Neben den unterschiedlichen Therapieformen kann es, so Kashiwagi [47], durch fehlerhafte Reposition, die einen luxierten Hüftkopf in unreponierter Stellung fixiert, zu einer Nekrose kommen.

2.7.4 Arthrose

Für eine normale Entwicklung des Acetabulums ist eine mittige Rückführung des Hüftkopfes in die Pfanne essenziell [63].

Die amerikanische Akademie orthopädischer Chirurgen [64] weist auf Langzeitstudien hin, die zeigen, dass jedwede Subluxation oder Dysplasie mit einem lateralen Zentrumerkerwinkel von weniger als 20° zu einer Arthrose vor Erreichen oder im mittleren Alter führen wird.

Die wirkliche Rate von Dysplasien und deren Konsequenzen im Bezug auf das Entstehen einer Arthrose ist unbekannt, doch steigt bei einer bestehenden, schweren Dysplasie das Risiko für das Auftreten einer Coxarthrose [70].

2.8 Fragestellung und Hypothesen der vorliegenden Studie

Die vorliegende Studie wurde konzipiert, um mit Hilfe von klinischen Daten und Bildgebung in Form von Röntgen- und MRT-Bildern den Stellenwert der kernspintomografischen Repositionskontrolle der kindlichen Hüftluxation zu untersuchen.

Diese Fragestellung soll in zwei Schritten beleuchtet werden, die jeweils einen Teilaspekt betrachten.

Der erste Teil umfasst die retrospektive Untersuchung des Patientenkollektivs hinsichtlich der verschiedenen diagnostischen und therapeutischen Aspekte. Es soll die Hypothese überprüft werden, ob Patienten, deren Repositionsbildgebung mit der MRT durchgeführt wurde, seltener reluxieren bzw. nach erneuter Reposition bessere Nachuntersuchungsergebnisse zeigen, als Patienten, deren Bildgebung nur mittels Röntgen durchgeführt wurde.

Um den zweiten Teil der Fragestellung bearbeiten zu können, werden zuvor zwei neu entwickelte Klassifikationen für die MRT eingeführt: Eine für die Darstellung der Luxationsgrade auf MRT-Bildern coronarer Schnittführung, die andere zur Darstellung der Luxationsgrade auf MRT-Bildern transversaler Schnittführung. Die Reliabilität und Validität dieser Klassifikationen werden aufgezeigt.

Der zweite Teil der Studie befasst sich mit der Auswertung der MRT- und Röntgenbilder, unter Anwendung der neuen Klassifikationen für die MRT. Es soll die Hypothese untersucht werden, ob die MRT der Röntgenaufnahme in ihrer Darstellung der kindlichen Hüftluxation und deren Reposition überlegen ist. Abschließend werden die jeweils erarbeiteten Ergebnisse zueinander in Beziehung gesetzt.

III. Material und Methoden

Die Beantwortung der Fragestellung dieser Arbeit gliedert sich in drei Teile, deren einzelne Aspekte aufeinander aufbauen. Der erste Teil befasst sich mit der retrospektiven Betrachtung der klinischen Daten des Patientenkollektivs und der in diesem Rahmen aufgeworfenen Zusammenhänge der untersuchten Gesichtspunkte. Im zweiten Teil werden zwei Klassifikationen zur Beurteilung von MRT-Bildern in coronarer und transversaler Schnittführung beschrieben, die im Rahmen dieser Arbeit entwickelt wurden. Dabei soll neben den Qualitäts- und Reliabilitätstests der neuen Klassifikationen auch der zugrunde liegende Entwicklungsgedanke beschrieben werden.

Auf die entwickelten Klassifikationen aufbauend, geht der dritte Teil auf eine Subgruppe des gesamten Patientenkollektivs ein. In dieser Subgruppe befinden sich all jene Fällen, deren Bildgebung in Form von Röntgen-Aufnahmen vorliegt. Die eine Hälfte dieser Gruppe weist im Verlauf ihrer Behandlung nur Bildgebung mit Röntgen auf, wohingegen die andere Hälfte zusätzlich zur röntgenologischen Bildgebung auch die mittels MRT erhielt. Durch die vergleichende Betrachtung dieser Subgruppe werden Unterschiede, die sich im Verlauf der Nachuntersuchungen bezüglich der reinen Nutzung von Röntgen-Bildern im Vergleich zur zusätzlichen Nutzung von MRT-Aufnahmen gezeigt haben, kenntlich gemacht.

3.1 Klinische Daten

3.1.1 Patientenkollektiv

Die Patienten, die für diese Arbeit das Kollektiv bilden, wurden aus den OP-Plänen der Jahre 1985 bis einschließlich Januar 2006 der Klinik für Orthopädie und Rheumatologie der Philipps-Universität Marburg rekrutiert. Auswahlkriterien waren die ein- oder beidseitige Diagnose einer kongenitalen Hüftgelenkluxation mit einer in deren Zusammenhang durchgeführten Maßnahme unter Narkose (Anlage eines Beckenbeingips, Gipswechsel, Arthrografie oder Reposition - geschlossen oder offen) und ein Alter von < 36 Monaten bei der initialen Behandlung im Universitätsklinikum Marburg.

Ausschlusskriterien waren eine Beckenosteotomie als erste Behandlung im betrachteten Zeitfenster und ein Alter von > 36 Monaten.

Aufgrund der vorgenannten Kriterien ergab sich ein Kollektiv von 88 Patienten, das wegen in einigen Fällen beidseitig diagnostizierter Hüftgelenkluxation insgesamt 109 Fälle bildete.

Für diese Arbeit wurde aus den Daten des Kollektivs das Geschlecht, das Erstbehandlungsdatum im Universitätsklinikum Marburg, das Alter des Kindes bei dieser Behandlung, der Luxationsgrad nach der sonografischen Einteilung nach Graf [31], die von der Luxation betroffene Hüftseite, das Ortolani-Zeichen [68], die Nebendiagnosen, die Vorbehandlungen und deren Art, eventuelle Hüftkopfnekrosen vor Beginn der Behandlung, die Extensionsbehandlungen, die Arthrografien, die Art der Luxationsbehandlung, die Retentionsgipsart, die Röntgenbildgebung, die Bildgebung mittels MRT und der Zeitpunkt der Durchführung im Hinblick auf die Reposition, die Gipstragedauer, das Auftreten eines Reluxationsgeschehens und dessen Zeitpunkt in Abhängigkeit zur Reposition, die Therapie und Anschlussbehandlung, die Dauer einer gegebenenfalls angeschlossenen Schienentherapie, der Nekrosegrad bei Nachuntersuchungen nach der Einteilung von Tönnis und Kuhlmann [93, 97], eine mögliche Restdysplasie, durchgeführte Operationen im Sinne einer Beckenosteotomie und das Alter des Kindes bei der letzten Nachuntersuchung ermittelt.

Geschlecht	weiblich, männlich
Erstbehandlungsdatum	
Alter des Kindes bei Erstbehandlung	in Monaten
Luxationsgrad	nach der sonografischen Einteilung nach Graf [31]
von der Luxation betroffene Hüftseite	links, rechts
Ortolani-Zeichen	positiv, negativ
Nebendiagnosen	Larsen-Syndrom, Turner-Syndrom, ICP, Myelomeningozele, Klippel-Trénaunay-Syndrom, Spreizhemmung bei Geburt, Osteoporose, Minderwuchs, epiphysäre Wachstumsstörung
Vorbehandlungen und deren Art	breite Wicklung, Schiene,

	geschlossene Reposition, offene Reposition nach Ludloff
Hüftkopfnekrose vor Behandlungsbeginn	vorhanden, nicht vorhanden
Extensionsbehandlung	durchgeführt, nicht durchgeführt
Arthrografie	durchgeführt, nicht durchgeführt
Art der Luxationsbehandlung	geschlossene Reposition, offene Reposition nach Ludloff, Osteotomie nach Salter, IDVO
Retentionsgips	Lorenz-Gips, Fettweis-Gips
Röntgenbildgebung	durchgeführt, nicht durchgeführt
MRT-Bildgebung	durchgeführt, nicht durchgeführt
Zeitpunkt der MRT-Bildgebung	am Tag der Reposition, später
Gipstragedauer	in Monaten
Reluxation	aufgetreten, nicht aufgetreten
Reluxationszeitpunkt	unmittelbar nach der Retention, bei Gipswechsel, nach Abschluss der Gipsretention
Therapie der Reluxation	geschlossene Reposition, offene Reposition nach Ludloff, Osteotomie nach Salter, IDVO
Schientherapie, Dauer	in Monaten
Nekroseggrad	nach der Einteilung von Tönnis und Kuhlmann [93, 97]
Restdysplasie	keine Dysplasie, leichte Dysplasie, schwere Dysplasie
Operation im Sinne einer Beckenosteotomie	Salter, IDVO

TAB. 3.1 BETRACHTETE DATEN DES KOLLEKTIVS

3.1.2 Subgruppe – Reluxationsereignis

Die Patienten dieses Kollektivs bilden eine Subgruppe des betrachteten Gesamtkollektivs, das den OP-Plänen der Jahre 1985 bis Januar 2006 der Klinik für Orthopädie und Rheumatologie der Philipps-Universität Marburg

entnommen wurde. Diese Subgruppe zeichnet sich dadurch aus, dass in allen Fällen ein Reluxationsereignis im Behandlungsverlauf auftrat. Es wurde kein Fall mit einem Reluxationsereignis aus dieser Subgruppe ausgeschlossen. Für die vorgenannte Subgruppe wurden die gleichen Daten erhoben wie unter 3.1.1 für das gesamte Patientenkollektiv beschrieben.

3.1.3 Subgruppe – Kein Reluxationsereignis

Alle Fälle, die in der Subgruppe "Reluxation" ausgeschlossen wurden, werden gesondert betrachtet. Es handelt sich also ausschließlich um Fälle, die im Rahmen ihrer Behandlung kein Reluxationsereignis aufweisen. Der Subgruppe der Reluxationsfälle gleich, wurden auch in diesem Kollektiv die Daten erhoben, die auch schon im gesamten Patientenkollektiv erhoben wurden.

3.2 Entwickelte Klassifikationen für die MRT-Bildauswertung

Die magnetresonanztomografischen Bilder stammen aus dem radiologischen Archiv des Universitätsklinikum Marburg. Die ersten Aufnahmen, die das Kollektiv betreffen, wurden 1993 aufgenommen. Daraus ergibt sich, dass die zur Auswertung zur Verfügung stehenden MRT-Bilder, die diesem Kollektiv zugehören, einen kürzeren Betrachtungszeitraum haben, als die übrigen Daten des gesamten Kollektivs. Von 1993 bis Januar 2006 wurden im Rahmen der Diagnose einer kongenitalen Hüftgelenkluxation 117 MRT-Laserfilme gemacht, die zur Auswertung zur Verfügung standen.

Die Bilder wurden in coronarer und transversaler Schnittführung beurteilt. Sie wurden von drei voneinander unabhängigen Untersuchern (Professor für medizinische Physik, Facharzt für (Kinder-)Orthopädie, Studierende der Humanmedizin) insgesamt zwei Mal unter Einhaltung eines mindestens einwöchigen Zeitabstandes bewertet.

Zur Auswertung der MRT-Bilder in coronarer und transversaler Schnittführung war geplant, auf bereits vorhandene Klassifikationen zurückzugreifen. Wegen einer bisher nicht eingeführten Standardklassifikation zur Einteilung der Hüftgelenkluxation in den benannten Schnittführungen, war zunächst für die coronare Schnittführung die Einteilung der Luxationsgrade nach Tönnis [93] für a.p.-Beckenübersichtsaufnahmen angedacht. Für die transversale

Schnittführung sollte die sonografische Einteilung der Luxation nach Suzuki [86] angewendet werden.

Bei der Auswertung fiel auf, dass der zur Anwendung der Klassifikation nach Tönnis notwendige Pfannenerker nicht auf jedem MRT-Bild eindeutig auszumachen war.

Die Klassifikation nach Suzuki kann in dieser Arbeit keine Anwendung finden, da sie keinen neutralen Wert benennt. Aus diesem Grund wurden die neuen Klassifikationen entwickelt, die die Schwächen der bestehenden Klassifikationen kompensieren.

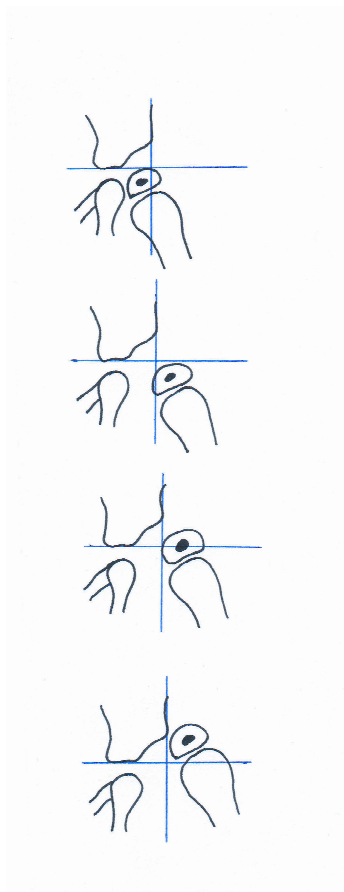
Um die Einflussgröße der Bildqualität bei den neu entwickelten Klassifikationen beurteilen zu können, wurden die angewendeten Reliabilitätstests zusätzlich zur allgemeinen Testung ein weiteres Mal ausschließlich bei den MRT-Bildern durchgeführt, die als qualitativ gut bewertet wurden.

Als gut wurde ein Bild immer dann angesehen, wenn es bei den insgesamt sechs Qualitätsbewertungen durch die zweifache Beurteilung der drei Untersucher in vier oder mehr Einschätzungen als gut bezeichnet wurde. Analog dazu wurde mit qualitativ minderwertigen Bildern verfahren.

3.2.1 Klassifikation der coronaren MRT-Bilder

Die neu entwickelte Klassifikation der MRT-Bilder in coronarer Schnittführung ist eine Modifizierung der Klassifikation nach Tönnis für die a.p.-Beckenübersichtsröntgenaufnahme. Da die Hilgenreiner-Linie [41], die als Gerade durch den untersten, knöchern dargestellten Punkt des Darmbeins in der Y-Fuge definiert ist, im MRT stets klar darstellbar ist, wird diese als Waagerechte genutzt. In Anlehnung an Tönnis wird die Ombrédanne-Linie [67], die als Lotrechte der Hilgenreiner-Linie durch den knöchern dargestellten Pfannenerker gezogen wird, als Senkrechte verwendet.

Die neu entwickelte Klassifikation der coronaren MRT-Bilder umfasst vier verschiedene Grade.



Grad I: Der Hüftkopfkern liegt medial der Ombrédanne- Linie und caudal der Hilgenreiner-Linie

Grad II: Der Hüftkopfkern liegt lateral der Ombrédanne-Linie und caudal der Hilgenreiner-Linie

Grad III: Der Hüftkopfkern liegt lateral der Ombrédanne-Linie und auf der Hilgenreiner-Linie

Grad IV: Der Hüftkopfkern liegt lateral der Ombrédanne-Linie und cranial der Hilgenreiner-Linie

ABB. 3.1 GRADEINTEILUNG CORONARER MRT-BILDER

3.2.2 Klassifikation der transversalen MRT-Bilder

Diese Klassifikation bewertet die Lage des Hüftkopfes zum Acetabulum. In der transversalen Ansicht des Beckens hat das Acetabulum die Form eines medial verkanteten Halbmondes.

Der Hüftkopf liegt dabei im Normalfall in der Sichel.

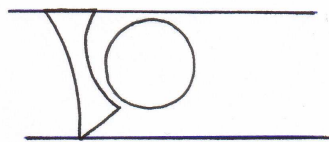
An den jeweils am weitesten ventral gelegenen Punkten des Halbmondes der beiden Acetabula wird

eine Gerade angelegt, ebenso an den am weitesten dorsal gelegenen Punkten der beiden Acetabula.

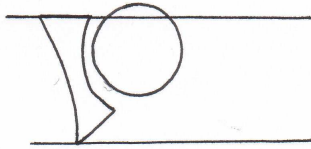
Von Grad 0 bis Grad 3 wird das Verhältnis des Hüftkopfes zu den gezogenen Geraden beschrieben. Diese Klassifikation ähnelt der von Suzuki für die transversale Sonografie vorgeschlagenen, die auch schon von Kashiwagi für die MRT übernommen wurde [47]. Im Vergleich zu Suzuki umfasst die neu entwickelte Klassifikation der transversalen MRT-Bilder insgesamt vier Gradeinteilungen, die auch einen neutralen Wert beinhalten.



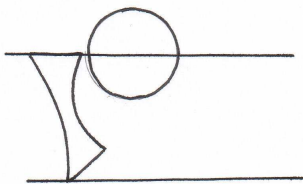
ABB. 3.2 TRANSVERSALE HÜFTANSICHT



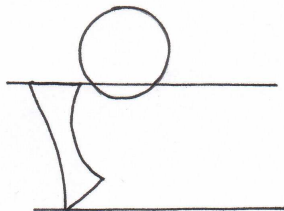
Grad 0: Die Gerade wird nicht vom Hüftkopf berührt.



Grad 1: Der Hüftkopf berührt die Gerade bzw. liegt mit bis zu $\frac{1}{3}$ der Strecke seines Durchmessers nach ventral oder dorsal über die Gerade hinaus verlagert.



Grad 2: Der Hüftkopf liegt mit bis zu $\frac{2}{3}$ der Strecke seines Durchmessers nach ventral oder dorsal über die Gerade hinaus verlagert.



Grad 3: Der Hüftkopf liegt mit mehr als $\frac{2}{3}$ der Strecke seines Durchmessers nach ventral oder dorsal über die Gerade hinaus verlagert.

ABB. 3.3 GRADEINTEILUNG TRANSVERSALE MRT-BILDER

3.3 Subgruppe: Fälle mit ausgewerteter Bildgebung

3.3.1 Patientenkollektiv

Das Patientenkollektiv dieser Subgruppe formiert sich aus all den Fällen des Gesamtkollektivs, deren Röntgenbilder zur Auswertung zur Verfügung standen. Es wurde kein Fall ausgeschlossen, bei dem Röntgenbilder vorhanden waren. Bei einem Teil der Gruppe wurde im Verlauf der Behandlung, nach der Durchführung der Reposition der Hüftgelenkluxation die Bildgebung nur in Form von Röntgen durchgeführt. Hingegen existieren für den anderen Teil der Gruppe sowohl Röntgenbildgebung, als auch MRT-Bilder.

Für die gesamte Subgruppe wurden die gleichen Daten erhoben wie für das Gesamtkollektiv. Das Auftreten von Reluxationsereignissen im Verlauf der Behandlung wurde besonders herausgearbeitet.

3.3.2 Auswertung der Röntgenbilder

Die ausgewerteten Röntgenbilder wurden vom radiologischen Archiv des Universitätsklinikums Marburg zur Verfügung gestellt. Ausgewertet wurden die

Bilder von zwei voneinander unabhängigen Untersuchern insgesamt drei Mal, mit einem mindestens zweiwöchigen Zeitabstand zu den einzelnen Bewertungen. Bei den Bildern handelte es sich zumeist um Serien, die die Hüftsituation bei der Erstbehandlung, mindestens einer Zwischenuntersuchung und der letzten Nachuntersuchung darstellten.

Bewertet wurden der AC-Winkel [41], der mit diesem in Zusammenhang stehende Dysplasiegrad nach der Einteilung von Tönnis [94] und die Luxationsgradklassifikation für a.p.-Beckenübersichtsaufnahmen nach Tönnis [93].

Gesondert untersucht wurde der Zusammenhang zwischen der Gradeinteilung nach Tönnis im Bezug auf ein Reluxationsgeschehen, um diese Ergebnisse mit den Ergebnissen der Auswertung der MRT-Bilder in Zusammenhang setzen zu können. Um eine Beeinflussung der Ergebnisse durch direkte Einzeichnung der Messungen auf das Röntgenbild zu vermeiden, wurden die Bilder auf handelsübliches, transparentes Millimeterpapier übertragen und bewertet.

3.3.3 Auswertung der MRT-Bilder

Wie auch die Röntgenbilder stammen die MRT-Bilder aus dem radiologischen Archiv des Universitätsklinikums Marburg. Die Bilder wurden mittels der neu entwickelten Klassifikation für MRT-Bilder in coronarer und transversaler Schnittführung von drei voneinander unabhängigen Untersuchern je zwei Mal, mit einem zeitlichen Abstand von mindestens einer Woche, bewertet.

Beurteilt wurden die Luxationsgrade nach den neuen Klassifikationen, um die Ergebnisse dieser Auswertung anschließend mit dem Auftreten einer Reluxation in Korrelation zu setzen.

3.3.4 Transversale Reluxationsfälle nach der neuen Klassifikation

Bei der Auswertung der MRT-Bilder nach der neuen Klassifikation kristallisierte sich eine Subgruppe heraus, die in der transversalen Schnittebene innerhalb der neuen Klassifikation eine Reluxation aufwies, ohne dass eine solche in den Akten dokumentiert war. Diese Gruppe wurde im Hinblick auf Auffälligkeiten während der Nachuntersuchungen genauer betrachtet.

3.4 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit Hilfe eines handelsüblichen PCs mit den Programmen "SPSS für Windows" Version 11.5 und 12.0, der Firma SPSS Inc. (München, Deutschland) und Microsoft "Excel", Version 2000, der Firma Microsoft Corporation.

3.4.1 Patientenkollektive

Für alle Patientenkollektive steht bei der statistischen Auswertung die Darstellung der Häufigkeitsverteilungen der betrachteten Daten im Vordergrund. Einzelne Daten wurden anhand von Kreuztabellen und den dahinter stehenden statistischen Tests (Chi-Quadrat nach Pearson, Likelihood-Quotient und "Zusammenhang linear-mit-linear") in Abhängigkeit zueinander gesetzt. Dabei wurde die betrachtete zweiseitige asymptotische Signifikanz berechnet. Ein Wert von $p < 0,05$ wurde hierbei als signifikant angesehen. Dem Vorschlag von Chan et al. [12] folgend, wurde auch die Grenzfallsignifikanz ($0,1 > p \geq 0,05$) betrachtet.

3.4.2 Entwickelte Klassifikationen für die MRT-Bildauswertung

Bei den neu entwickelten Klassifikationen wurden verschiedene Tests angewendet, um so die intra- und inter-observer Reliabilität zu bestimmen und um über deren Validität und Anwendbarkeit Aussagen machen zu können.

Zur Bestimmung der intra-observer Reliabilität wurde die Differenz der beiden ermittelten Werte eines jeden Untersuchers gebildet und die Häufigkeiten der verschiedenen so berechneten Differenzen aufgezeigt. Bei einer Differenz von null lag demnach eine Übereinstimmung der Erstbewertung mit der zweiten Beurteilung vor.

Die inter-observer Reliabilität wurde mit Hilfe der alpha-Reliabilitätsanalyse ermittelt, wobei ein Wert von $\alpha > 0,7$ als reliabel anzusehen ist [8]. Um die Reliabilität unter den drei Untersuchern berechnen zu können, wurden die einzelnen Werte der beiden Bewertungen der coronaren Schnittführung eines jeden Untersuchers verdoppelt und aus diesen Daten der Mittelwert gebildet. So konnten identische Mittelwerte trotz unterschiedlicher Einzelwerte verhindert werden. Diese Mittelwerte wurden dann mit Hilfe der alpha-Reliabilitätsanalyse bewertet.

Bei den Bildern in transversaler Schnitfführung konnte auf die Verdopplung der Mittelwerte verzichtet werden, da die Gradeinteilung dieser Klassifikation nicht dazu führte, dass sich trotz unterschiedlicher Einzelwerte identische Mittelwerte bildeten. Auch diese Mittelwerte wurden dann mit Hilfe der alpha-Reliabilitätsanalyse, bei der $\alpha > 0,7$ als reliabel anzusehen ist [8], bewertet.

IV. Ergebnisse

Im Kapitel Material und Methoden wurden die drei Abschnitte beschrieben, deren Aspekte bei der Beantwortung der Fragestellung aufeinander aufbauen. Diesen Abschnitten entsprechend werden in diesem Kapitel die Ergebnisse der einzelnen Teile dargestellt.

Der erste Teil stellt die klinischen Daten des betrachteten Patientenkollektivs und der Subgruppen mit und ohne Reluxationsereignis vor.

Die Auswertungen der neu entwickelten MRT-Klassifikationen werden im zweiten Teil vorgestellt, um den dritten Teil mit den Ergebnisse des Gruppenvergleichs der Fälle mit Röntgenaufnahmen im Vergleich zu den Fällen mit Röntgen- und MRT-Bildgebung abzuschließen.

4.1 Ergebnisse der klinischen Daten

4.1.1 Patientenkollektiv

Innerhalb des Kollektivs wurden 88 Patienten erfasst, die den Ein- und Ausschlusskriterien entsprachen. Diese 88 Patienten bilden wegen in Einzelfällen beidseitiger Diagnose einer kongenitalen Hüftgelenkluxation 109 Fälle.

Das Kollektiv setzt sich aus 92 (84,4%) weiblichen und 17 (15,6%) männlichen Fällen zusammen, deren durchschnittliches Behandlungsalter bei 6,2 Monaten (min 0,1 – max 34,6 Monaten) lag.

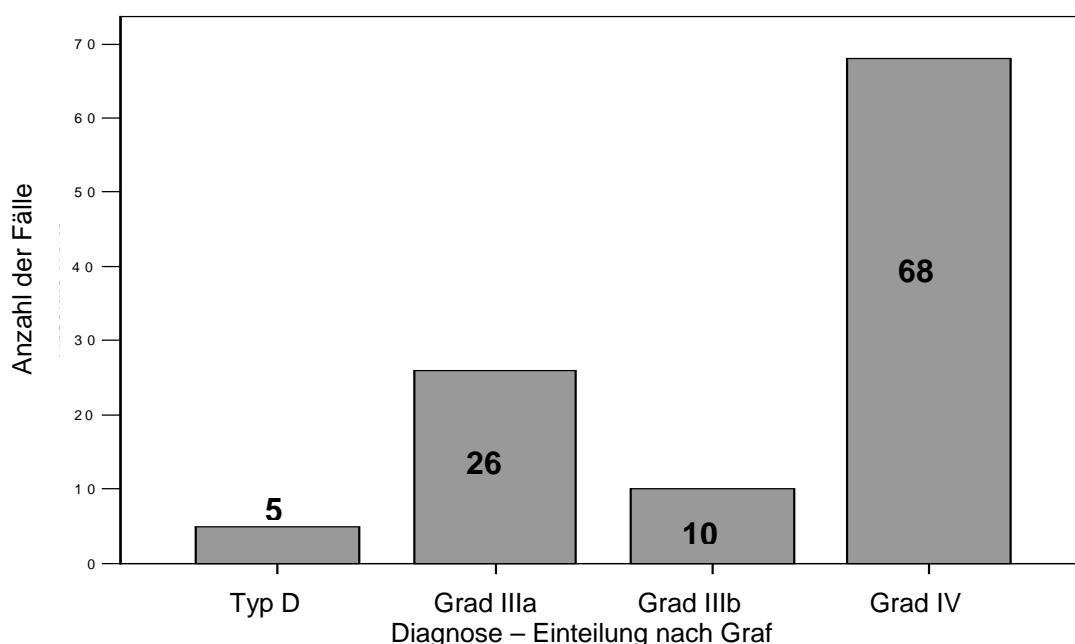


ABB. 4.1 HÄUFIGKEITEN DER EINZELNEN DIAGNOSEGRADE KLASSIFIZIERT NACH GRAF INNERHALB DES GESAMTEN PATIENTENKOLLEKTIVS

Der Grad der Luxation wurde in diesem Kollektiv mit der sonografischen Einteilung nach Graf [31] bestimmt und ergab in fünf Fällen (4,6%) eine Typ D Hüfte, in 26 Fällen (23,9%) eine Grad IIIa Hüfte, in zehn Fällen (9,2%) eine Grad IIIb Hüfte und in 68 Fällen (62,4%) eine Grad IV Hüfte (s. Abb. 4.1).

Bei 58,7% der Fälle (64 Hüften) lag die Luxation auf der linken Seite vor, bei den übrigen 41,3% (45 Hüften) war die rechte Seite betroffen.

Fünfzehn Kinder des Kollektivs, die 19 Fälle (17,4%) repräsentieren, wiesen neben der Diagnose der kongenitalen Hüftgelenkluxation eine weitere Diagnose auf. Von diesen 19 Fällen hatten fünf Fälle (4,6% des Gesamtkollektivs) das Larsen-Syndrom, je drei der Fälle (je 2,8%) waren von einem Ulrich-Turner-Syndrom betroffen oder einer Myelomeningozele. Zwei Fälle (1,8%) hatten bei der Geburt eine Spreizhemmung und ein Kind mit beidseitig betroffenen Hüften (1,8% der Fälle) hatte das Klippel-Trénaunay-Syndrom. Jeweils ein Fall (0,9%) litt an einer ICP, einer Osteoporose, war minderwüchsig oder epiphysär wachstumsgestört.

Bei der Auswertung der Daten zeigte sich, dass 18,3% der Fälle vor der Therapie im Universitätsklinikum Marburg vorbehandelt wurden. Die Vorbehandlung bestand in 0,9% der Fälle aus breiter Wicklung, 8,5% wurden mit einer Schiene behandelt, 7,0% wurden in anderen Häusern geschlossen reponiert und/oder offen nach Ludloff [57] eingestellt (2,1%). Demgegenüber stehen 81,7% der Fälle, die nicht vorbehandelt wurden.

Die Therapie im Klinikum Marburg weist verschiedene konservative und operative Behandlungsmaßnahmen auf, die sich auch an diesem Kollektiv widerspiegelt.

Bei 86 Fällen des Kollektivs (78,9%) wurde im Rahmen der Therapie eine Overhead-Extensionsbehandlung durchgeführt. Arthrografierte wurden 33,3% der Fälle (47 Hüften). Neben der Extensionsbehandlung und Arthrografie wurden verschiedene Formen der Reposition angewendet. So wurden 86 Hüften (78,9%) einer geschlossenen Reposition zugeführt. Bei vier Fällen (3,7%) wurde zusätzlich zu der geschlossenen Reposition ein Osteotomieverfahren notwendig, so dass zwei dieser Fälle (1,9%) zusätzlich nach Salter [77] operiert und zwei andere Fälle (1,9%) ferner mit einer IDVO behandelt wurden.

Sechzehn Fälle (14,7%) wurden offen nach Ludloff [57] reponiert, wobei drei dieser Fälle (2,8%) zusätzlich nach Salter [77] und mit einer IDVO behandelt wurden.

Im Anschluss an die Reposition wurden 75 Hüften (68,8%) in einem Lorenzgips [56] und 33 Hüften (30,3%) in einem Fettweisgips [24] fixiert. In einem Fall (0,7%) konnte das Repositionsergebnis durch eine Schiene gehalten werden. Die Gipse wurden meist vier (15,6%), sechs (25,7%), acht (13,8%) oder zwölf (13,8%) Wochen getragen.

Im Anschluss an die Reposition wurde zur Überprüfung der erfolgreichen Einrenkung eine Bildgebung in Form von Röntgen oder MRT durchgeführt. Dies erfolgte zeitlich angeschlossen bei 25 Fällen (22,9%) in Form von MRT und in 93 Fällen (85,3%) handelte es sich um eine Röntgenaufnahme, wobei einige dieser Bilder nicht mehr zur Auswertung zur Verfügung standen.

Die Gesamtzahlen zeigen, dass in einigen Fällen sowohl eine Röntgenaufnahme, als auch eine MRT gemacht wurden. In 2/3 der Fälle wurden die MRT-Bilder am Tag der Reposition gefahren.

Die Weiterbehandlung mit einer Schiene wurde in 75 Fällen (68,8%) so in den Akten dokumentiert, dass die Dauer der Therapie daraus ersichtlich wurde. In 82,7% dieser Fälle verblieb die Hüfte zur Nachreifung bis zu einem halben Jahr in der Schiene. Länger als sechs Monate wurden 17,3% der Fälle mit einer Schiene nachtherapiert.

Nach der initialen Therapie wurden im weiteren Verlauf der Behandlung 35 Fälle (32,1%) im Sinne einer Osteotomie operiert. In acht Fällen (7,3%) war dies eine Osteotomie nach Salter, vierzehn Fälle (12,8%) wurden mit einer IDVO behandelt und dreizehn Fälle (11,9%) erhielten eine IDVO sowie eine Osteotomie nach Salter.

Im Rahmen der Nachuntersuchungen fielen bei fünfzehn Fällen (13,8%) Hüftkopfnekrosen auf. Klassifiziert nach der Einteilung von Tönnis und Kuhlmann [97] ließen sich diese in zwei Fällen (1,8%) als Grad 1, in einem Fall (0,9%) als Grad 2, in zwei Fällen (1,8%) als Grad 3 und in zehn Fällen (9,2%) als Grad 4 benennen.

Im folgenden Abschnitt werden 23 Fälle gesondert betrachtet, bei denen es zu einer Reluxation des reponierten Hüftgelenks kam.

4.1.2 Subgruppe – Relaxationsereignis

Die betrachtete Subgruppe setzt sich aus 23 Fällen (21,1%) des Gesamtkollektivs zusammen. Bei jedem dieser Fälle kam es zu einer Relaxation des reponierten Hüftgelenks.

Zusammengesetzt ist diese Gruppe aus 18 (78,3% dieser Gruppe) weiblichen und fünf (21,7%) männlichen Fällen (s. Abb. 4.2), deren Diagnosegrade sich wie folgt aufgliedern lassen: In einem Fall (4,3%) handelte es sich um eine Typ D Hüfte, sechs Fälle (26,1%) konnten als Typ IIIa und sechzehn Fälle (69,6%) als Typ IV Hüfte klassifiziert werden (s. Abb. 4.3). In 60,9% der Fälle war die linke Hüfte von der Relaxation betroffen, in 39,1% handelte es sich um die rechte Seite. Weitere Diagnosen neben der kongenitalen Hüftgelenkluxation fanden sich in dieser Gruppe in 26,1% der Fälle (6 Hüften). Therapeutisch wurde bei den Fällen dieser Gruppe in 72,7% eine Arthrografie durchgeführt. Die anderen Behandlungsmaßnahmen unterschieden sich im Vergleich zum Gesamtkollektiv kaum.

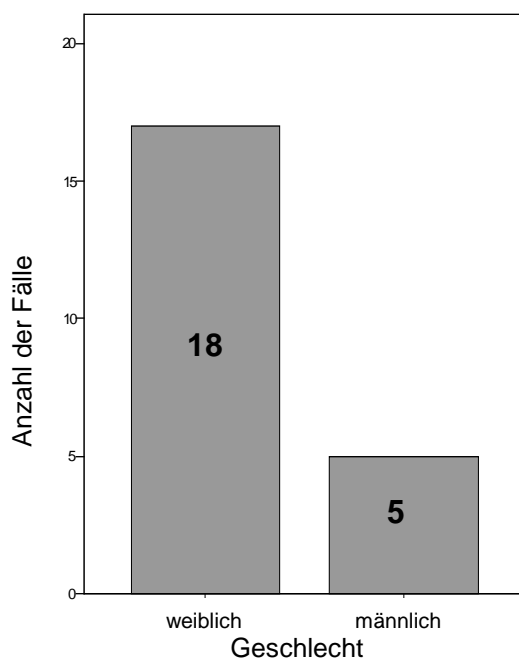


ABB. 4.2 GESCHLECHTERVERTEILUNG INNERHALB DER SUBGRUPPE MIT RELAXATIONSEREIGNIS

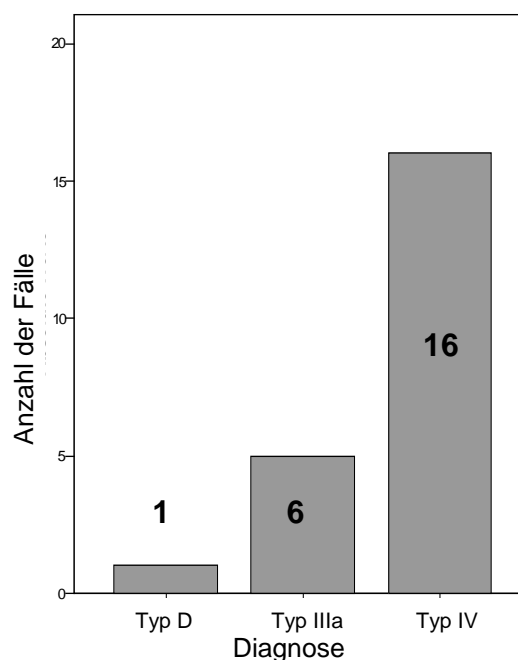


ABB. 4.3 VERTEILUNG DER DIAGNOSEGRADE INNERHALB DER SUBGRUPPE MIT RELAXATIONSEREIGNIS

Wesentlich im Zusammenhang mit den folgenden Unterkapiteln ist, dass innerhalb dieser Gruppe, der Kinder mit Relaxationsereignis, sieben (30,4% der

Fälle dieser Gruppe) MRT-Sequenzen gefahren wurden und von 73,9% der Fälle Röntgenbilder zur Auswertung zur Verfügung standen.

Bezüglich des Diagnosezeitpunktes der Reluxation lassen sich drei verschiedene Zeitpunkte aufschlüsseln. Bei zwei Fällen (8,1% der Reluxationsfälle) wurde die Reluxation sofort in der nach der Reposition angefertigten Bildgebung erkannt. In acht Fällen (34,8% der Fälle dieser Gruppe) wurde die Reluxation beim Gipswechsel – zumeist nach sechs Wochen – sichtbar. Die letzte Einheit bilden dreizehn Fälle (56,5%), bei denen die Reluxation erst später, d.h. nach Abschluss der Gipsbehandlung, auftrat oder erst zu diesem Zeitpunkt diagnostiziert wurde.

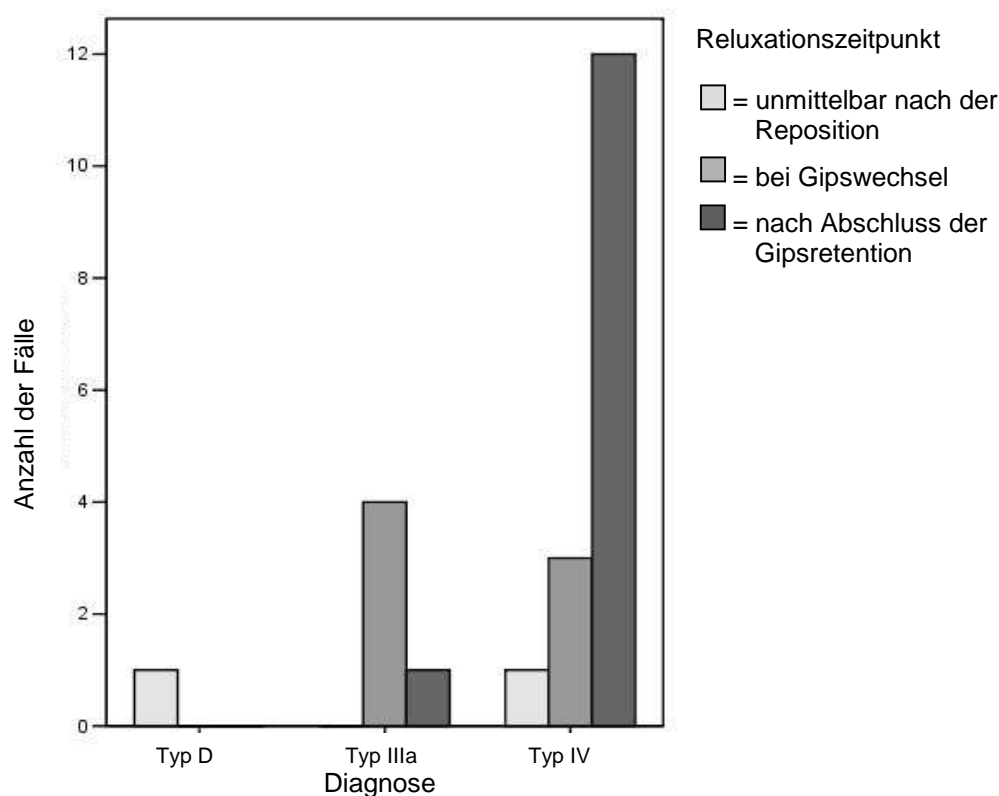


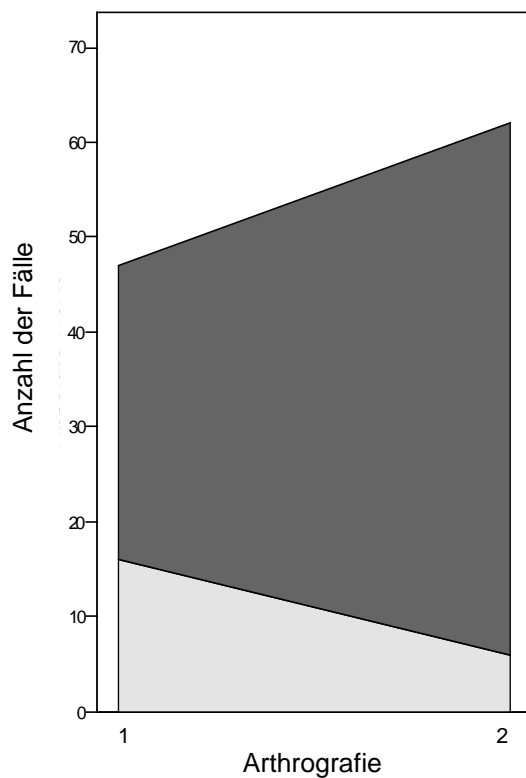
ABB. 4.4 DIAGNOSEGRAD ZU RELUXATIONSZEITPUNKT
IN DER SUBGRUPPE MIT RELUXATIONSEREIGNIS

Nach der Betrachtung des Gesamtkollektivs und der Subgruppe mit Reluxationsereignis wird das Reluxationsereignis, welches diese Subgruppe ausmacht, mit im Gesamtkollektiv angewendeten Therapie- und Nachsorgemaßnahmen in Zusammenhang gesetzt.

Korreliert wurde das Reluxationsereignis innerhalb des Gesamtkollektivs mit dem Geschlecht, dem Diagnosegrad nach Graf [31], der Diagnosesseite, ebenfalls mit einer eventuell vorhandenen Nebendiagnose, mit der Extensionsbehandlung, ebenso mit der Durchführung einer Arthrografie und der angewendeten Gipsart. Aspekte, die ferner mit dem Reluxationsereignis in Zusammenhang gebracht wurden, jedoch nicht zur initialen Behandlung, sondern vielmehr zum Verlauf der Behandlung gehören, waren: der Nekrosegrad nach Tönnis und Kuhlmann [97], die möglicherweise bestehende Restdysplasie und durchgeführte Operationen im Sinne einer Osteotomie.

Im Bezug auf das Geschlecht ($p = 0,302$), den Diagnosegrad nach Graf [31] ($p = 0,389$), die Diagnosesseite ($p = 0,968$), die eventuell vorhandene Nebendiagnose ($p = 0,173$), die Extensionsbehandlung ($p = 0,707$) und die Gipsart ($p = 0,706$) zeigten sich keine Wechselbeziehungen zum Reluxationsereignis. Bei den in der Nachuntersuchung erhobenen Daten, bei denen das Reluxationsereignis mit dem Nekrosegrad nach Tönnis und Kuhlmann [97] ($p = 0,636$) und der möglicherweise bestehenden Restdysplasie ($p = 0,107$) in Zusammenhang gesetzt wurde, zeigte sich ebenfalls keine Korrelation.

Demgegenüber stehen zwei Beziehungen, die kennzeichnend für ein Reluxationsereignis zu sein scheinen. Im Rahmen der Initialtherapie handelt es sich dabei um die Arthrografie ($p = 0,002$) (s. Abb. 4.5) und im Zuge der Nachuntersuchung ist dies die Durchführung einer Operation im Sinne einer Osteotomie ($p = 0,000$) (s. Abb. 4.6).



Relaxation
 □ = ja
 ■ = nein

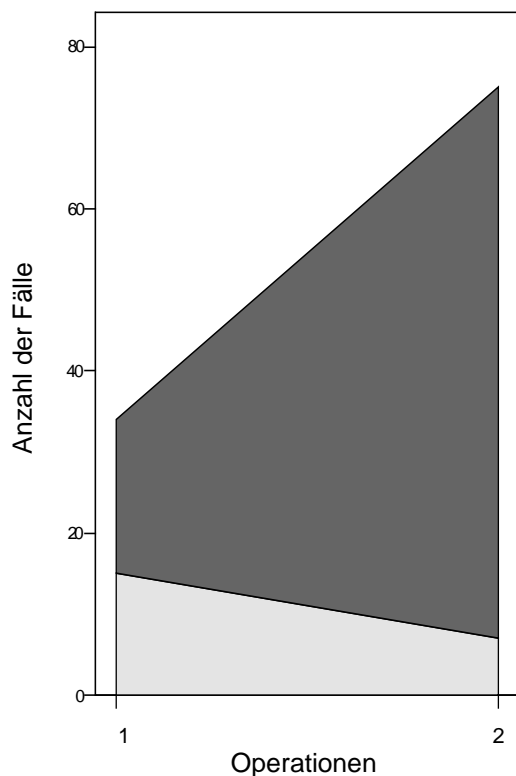
Arthrografie
 1 = ja
 2 = nein

		Arthrografie		Gesamt
		1	2	
Relaxation	1	16	6	22
	2	31	56	87
Gesamt		47	62	109

Tab. 4.1 Kreuztabelle Relaxation zu Arthrografie im Gesamtkollektiv

$p = 0,002$ (Chi-Quadrat nach Pearson)

ABB. 4.5 KORRELATION ZWISCHEN RELAXATION UND ARTHROGRAFIE IM GESAMTKOLLEKTIV



Relaxation
 □ = ja
 ■ = nein

Operationen
 1 = ja
 2 = nein

		Operationen		Gesamt
		1	2	
Relaxation	1	15	7	22
	2	19	68	87
Gesamt		34	75	109

Tab. 4.2 Kreuztabelle Relaxation zu Operationen im Gesamtkollektiv

$p = 0,000$ (Chi-Quadrat nach Pearson)

ABB. 4.6 KORRELATION ZWISCHEN RELAXATION UND OPERATIONEN IM SINNE EINER OSTEOTOMIE IM GESAMTKOLLEKTIV

4.1.3 Subgruppe – kein Reluxationsereignis

Die in diesem Abschnitt betrachtete Subgruppe bildet den Gegenpart zu der gerade beschriebenen Subgruppe mit Reluxationsereignis.

Gebildet wird die Gruppe aus 74 (86% dieser Gruppe) weiblichen und 12 (14%) männlichen Fällen (s. Abb. 4.7), deren Diagnosegrade sich nach Graf [31] wie bei den vorher beschriebenen Gruppen aufschlüsseln lassen. Vier der Fälle (4,7%) wurden als Typ D, 20 Fälle (23,3%) als Typ IIIa, zehn Fälle (11,6%) als Typ IIIb und 52 Fälle (60,5%) als Typ IV klassifizieren (s. Abb. 4.8).

In 58,1% der Fälle war die linke Hüfte luxiert, in 41,9% handelte es sich um die rechte Seite. Eine Diagnose neben der kongenitalen Hüftgelenkluxation zeigte sich in 15,1% der Fälle dieser Gruppe.

Der Ablauf und Verlauf der Therapie und die Weiterversorgung der kongenitalen Hüftgelenkluxation unterscheiden sich in dieser Subgruppe nicht wesentlich von denen des Gesamtkollektivs.

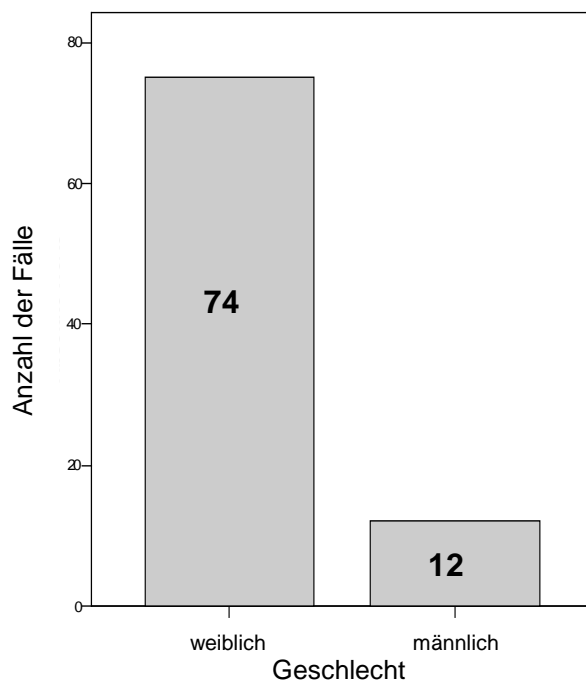


ABB. 4.7 HÄUFIGKEITEN GESCHLECHT
SUBGRUPPE KEINE RELUXATION

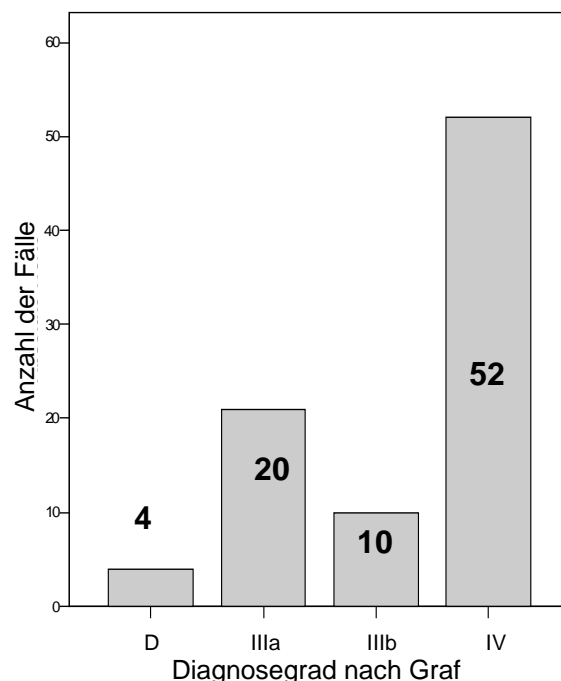


ABB. 4.8 HÄUFIGKEITEN
DIAGNOSEGRAD SUBGRUPPE KEINE
RELUXATION

Den bislang beschriebenen Gruppen entsprechend soll die Form der angewendeten Bildgebung abschließend dargestellt werden. Innerhalb dieser

Subgruppe wurde bei 19,8% eine MRT durchgeführt. Zur Auswertung von 38,4% der Fälle standen Röntgenaufnahmen zur Verfügung.

4.2 Klassifikationen

4.2.1 Ergebnisse der Qualitätsbeurteilung der MRT-Bilder

Es wurden insgesamt 117 MRT-Laserfilme, von denen 60 in coronarer und 57 in transversaler Schnittführung gefahren wurden, ausgewertet. Die Qualitätsbeurteilung ergab bei den Bildern in coronarer Schnittführung in 28,3% eine gute Qualität. Als qualitativ minderwertig wurden 60% der Bilder bewertet. Bei sieben Bildern (11,7%) waren von den sechs Beurteilungen je drei gut und drei schlecht.

Bei den Bildern in transversaler Schnittführung wurden 28,1% als qualitativ gut und 59,6% als schlecht eingeschätzt. Sieben Bilder (12,3%) wurden jeweils dreimal als gut und dreimal als qualitativ minderwertig bewertet (s. Abb. 4.9).

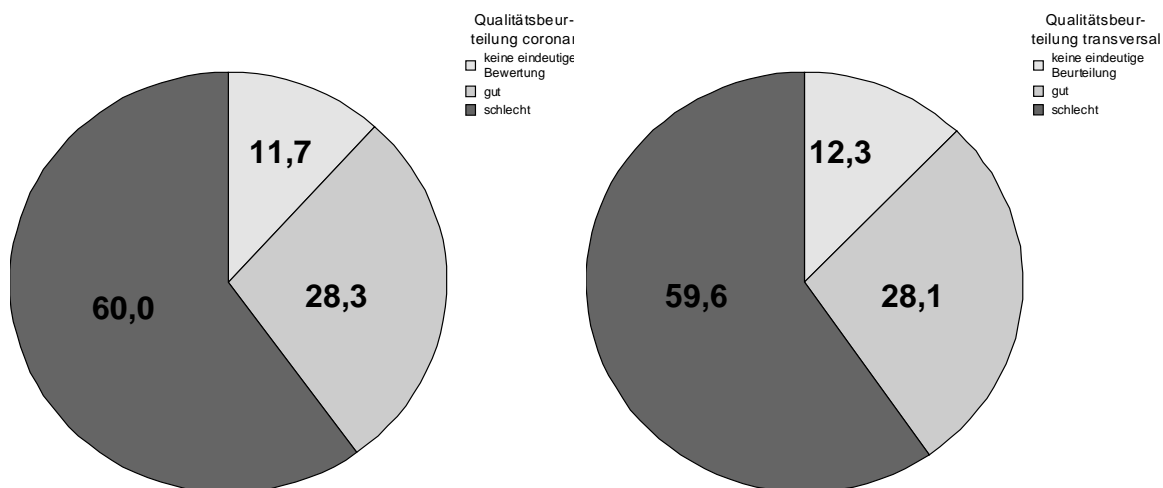


ABB. 4.9 QUALITÄTSBEURTEILUNG CORONAR UND TRANSVERSAL

4.2.2 Intra-observer Reliabilität

4.2.2.1 Coronare Schnittführung

Die Bilder in coronarer Schnittführung wurden nach der neu geschaffenen Klassifikation, die sich an die röntgenologische Einteilung der a.p.-Beckenübersichtsaufnahme nach Tönnis [93] anlehnt, beurteilt. Jedes Bild wurde von jedem Untersucher zweimal bewertet. Die einzelnen Bewertungen eines jeden Untersuchers wurden in Verhältnis zueinander gesetzt. Dabei entsprach die Erstbewertung der Untersucher in 63,3 – 83,3% den Ergebnissen

der zweiten Bewertung des jeweiligen Untersuchers. Unterschiede zeigten sich dabei vor allem im Zusammenhang mit der Erfahrung bei der Bildauswertung der einzelnen Untersucher.

coronar		alle Bilder (n = 60)	Bilder guter Qualität (n = 17)
Untersucher 1 (Studierende)		63,3% (p < 0,05)	64,7%
Untersucher 2 (FA für Orthopädie)		83,3% (p < 0,05)	82,4%
Untersucher 3 (Prof. für med. Physik)		63,3% (p = 0,002)	82,4%

Tab. 4.3 Intra-observer Reliabilität der neu entwickelten Klassifikation für MRT-Bilder in coronarer Schnittführung – alle Bilder und qualitativ gute Bilder

Wurden bei der Betrachtung der Bilder in coronarer Schnittführung nur Bilder bewertet, die als qualitativ gut beurteilt wurden, so zeigte sich bei zwei von drei Untersuchern kaum eine Veränderung (s. Tab. 4.3). Beim dritten Untersucher jedoch ergab sich eine erhöhte Übereinstimmung von zuvor 63,3% auf dann 82,4%.

4.2.2.2 Transversale Schnittführung

In Anlehnung an die sonografische Klassifikation von Suzuki [86] wurde eine neue Klassifikation geschaffen, mit deren Hilfe die MRT-Bilder in transversaler Schnittführung beurteilt wurden.

Wie auch bei der Beurteilung der MRT-Bilder in coronarer Schnittführung wurden die Bilder in transversaler Schnittführung von jedem Untersucher zweimal bewertet und die Erstbewertung eines jeden Untersuchers mit der jeweiligen zweiten Bewertung in Beziehung gesetzt.

Dabei stimmte die Erstbewertung dieser Bilder in 57,9 – 75,4% mit der zweiten Bewertung desselben Untersuchers überein (s. Tab. 4.4).

Auch bei der Auswertung der Klassifikation für transversale MRT-Bilder zeigte sich eine Abhängigkeit von dem Erfahrungsgrad der Untersucher.

transversal	alle Bilder (n = 57)	Bilder guter Qualität (n = 16)
Untersucher 1 (Studierende)	57,9% (p = 0,013)	68,8%
Untersucher 2 (FA für Orthopädie)	75,4% (p < 0,05)	87,5%
Untersucher 3 (Prof. für med. Physik)	70,2% (p < 0,05)	75,0%

Tab. 4.4 Intra-observer Reliabilität der neu entwickelten Klassifikation für MRT-Bilder in transversaler Schnittführung – alle Bilder und qualitativ gute Bilder

Zur intra-observer Reliabilitätsbeurteilung wurden nur die Bilder der transversalen Schnittführung betrachtet, die als qualitativ gut bewertet wurden. Es ergab sich in diesem Fall bei allen drei Untersuchern eine höhere Übereinstimmung um 4,8 bis 12,1%.

4.2.3 Inter-observer Reliabilität

4.2.3.1 Coronare Schnittführung

Zur Berechnung der inter-observer Reliabilität der MRT-Bilder in coronarer Schnittführung wurden die durch die neu entwickelte Klassifikation erhaltenen, Werte der drei Untersucher miteinander in Korrelation gesetzt.

Um die Reliabilität unter den drei Untersuchern berechnen zu können, wurden die einzelnen Werte der zwei Bewertungen eines jeden Untersuchers verdoppelt und aus diesen Daten der Mittelwert gebildet, da so identische Mittelwerte bei unterschiedliche Einzelwerten verhindert werden konnten. Die Mittelwerte jedes Untersuchers wurden mit der alpha-Reliabilitätsanalyse in Abhängigkeit gebracht. Die Untersucher waren dieselben wie auch bei der Berechnung der intra-observer Reliabilität.

	Untersucher 1	Untersucher 2	Untersucher 3
Untersucher 1	1,0000		
Untersucher 2	,5559	1,0000	
Untersucher 3	,3676	,3845	1,0000

Tab. 4.5 Korrelations-Matrix der alpha-Reliabilitätsanalyse der MRT-Bilder in coronarer Schnittführung (n = 59)

Bei der Betrachtung aller MRT-Bilder in coronarer Schnittführung ergab die Analyse: $\alpha = 0,7002$ (reliabel: $\alpha > 0,7$).

Ein Bild konnte bei der Analyse nicht miteinbezogen werden, da dieses Bild aufgrund seiner Qualität nicht von allen Untersuchern bewertet werden konnte.

Diese Tatsache führte dazu, dass eine zweite Analyse durchgeführt wurde, die nur die Daten der Bilder in Betracht zog, die als qualitativ gut bewertet wurden.

So wurden bei dieser zweiten Analyse der MRT-Bilder in coronarer Schnittführung 17 Bilder, die als qualitativ gut beurteilt wurden, untersucht.

	Untersucher 1	Untersucher 2	Untersucher 3
Untersucher 1	1,0000		
Untersucher 2	,8303	1,0000	
Untersucher 3	,3679	,4878	1,0000

Tab. 4.6 Korrelations-Matrix der alpha-Reliabilitätsanalyse der MRT-Bilder mit guter Qualität in coronarer Schnittführung (n = 17)

Die Analyse dieser Bilder ergab: $\alpha = 0,7878$ (reliabel $\alpha > 0,7$).

4.2.3.2 Transversale Schnittführung

In Anlehnung an die Berechnung der inter-observer Reliabilität der MRT-Bilder in coronarer Schnittführung wurden auch die MRT-Bilder in transversaler Schnittführung berechnet.

Von den einzelnen Daten der zwei Bewertungen eines jeden Untersuchers wurden Mittelwerte gebildet, die mit der alpha-Reliabilitätsanalyse in Korrelation gesetzt wurden. Im Gegensatz zur Analyse der Bilder in coronarer Schnittführung konnten die einfachen Mittelwerte genutzt werden, da die Gradeinteilung dieser Klassifikation in diesem Kollektiv nicht dazu führte, dass sich trotz unterschiedlicher Einzelwerte identische Mittelwerte bildeten.

Bei der Berechnung der aus den Daten gebildeten Mittelwerte ergab die alpha-Reliabilitätsanalyse: $\alpha = 0,5662$ (reliabel: $\alpha > 0,7$).

	Untersucher 1	Untersucher 2	Untersucher 3
Untersucher 1	1,0000		
Untersucher 2	,4986	1,0000	
Untersucher 3	,2958	,1107	1,0000

Tab. 4.7 Korrelations-Matrix der alpha-Reliabilitätsanalyse der MRT-Bilder in transversaler Schnittführung (n = 47)

Innerhalb dieses Bildkollektivs konnten zehn Bilder nicht mitberechnet werden, da es aufgrund minderwertiger Qualität nicht allen Untersuchern möglich war das jeweilige Bild zu bewerten.

So wurden, wie auch bei den Bildern in coronarer Schnittführung, die Bilder in transversaler Schnittführung gesondert betrachtet, deren Qualität als gut beurteilt wurde.

	Untersucher 1	Untersucher 2	Untersucher 3
Untersucher 1	1,0000		
Untersucher 2	,4622	1,0000	
Untersucher 3	,3586	,7259	1,0000

Tab. 4.8 Korrelations-Matrix der alpha-Reliabilitätsanalyse der MRT-Bilder mit guter Qualität in transversaler Schnittführung (n = 16)

Bei der Betrachtung dieser 16 als qualitativ gut bewerteten MRT-Bilder in transversaler Schnittführung ergab sich ein $\alpha = 0,7307$ (reliabel $\alpha > 0,7$).

Die Betrachtung der Bilder, die als qualitativ minderwertig bewertet wurden, ergab sowohl in coronarer, als auch in transversaler Schnittführung keine reliablen Werte ($\alpha = 0,6592$ bzw. $\alpha = 0,3713$).

4.3 Bildgebungsvergleich: Röntgen vs. MRT und Röntgen

4.3.1 Patientenkollektiv

Das in diesem Abschnitt betrachtete Kollektiv setzt sich aus den 50 Fällen (45,9%) des in Kapitel 4.1 beschriebenen Gesamtkollektivs zusammen. Von allen 50 Fällen stand Bildmaterial in Form von Röntgenbildern zur Auswertung zur Verfügung. Bei einem Teil der Fälle, der mit 22 Fällen (44,0%) knapp die Hälfte der Gruppe ausmachte, wurde während der Behandlung zusätzlich Bildgebung in Form von MRT durchgeführt (s. Abb. 4.10).

Anhand dieser Gruppe soll untersucht werden, ob es im Hinblick auf die verwendete Bildgebung, Unterschiede bei den Nachuntersuchungsergebnissen gibt: Ob lediglich Röntgenaufnahmen während der Therapie- und Behandlungszeit gemacht wurden oder ob man sich bei der Bildgebung zusätzlich auf MRT-Aufnahmen stützte.

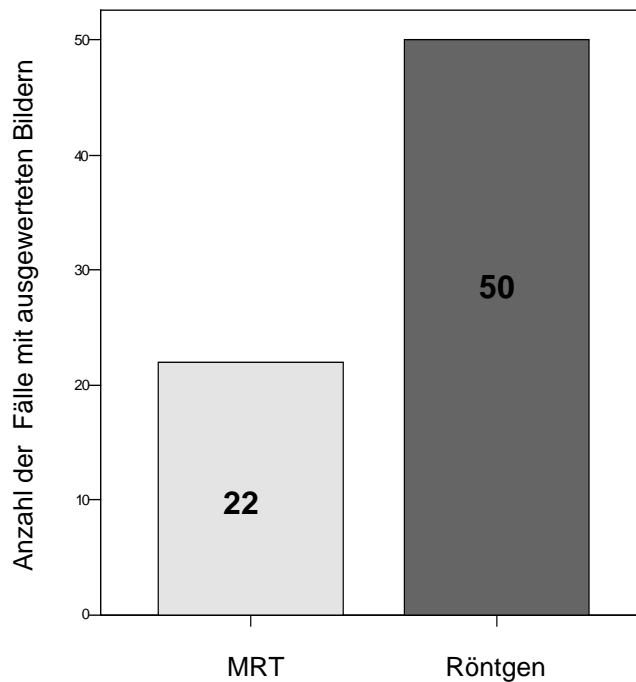


ABB. 4.10 HÄUFIGKEITEN DER FÄLLE MIT AUSGEWERTETEN MRT- UND RÖNTGENBILDERN

Das Auftreten einer Reluxation wurde innerhalb dieser Gruppe speziell mit verschiedenen Aspekten der Therapie und Nachbehandlung in Zusammenhang gesetzt.

Die Geschlechterverteilung innerhalb dieser Gruppe weist 42 (84,0%) weibliche und acht (16,0%) männliche Fälle auf. Nach der Einteilung von Graf [31] ergeben sich in dieser Gruppe drei Fälle (6,0%), die als Typ D Hüfte, neun Fälle (18,0%), die als Typ IIIa Hüfte, fünf Fälle (10,0%), die als Typ IIIb Hüfte und 33 Fälle (66,0%), die als Typ IV Hüfte klassifiziert werden konnten. Dabei war in 64,0% (32 Fälle) die linke Hüfte luxiert, in 36,0% (18 Fälle) war die rechte Seite betroffen.

Knapp ein Viertel (24,0%) der in diesem Kollektiv betrachteten Fälle litt an einer zusätzlichen Erkrankung neben der kongenitalen Hüftgelenkluxation – zumeist handelte es sich dabei um ein Syndromleiden.

Zu einer Reluxation kam es innerhalb dieses Kollektivs in dreizehn Fällen (26,0%). Im Rahmen der Nachuntersuchung wurden der Nekroseggrad nach Tönnis und Kuhlmann [97], eine gegebenenfalls bestehende Restdysplasie und die Durchführung von Operationen im Sinne einer Osteotomie bestimmt.

Es zeigte sich, dass zehn Fälle (20,0%) dieses Kollektivs eine Hüftkopfnekrose aufwiesen. Davon konnten je zwei Fälle (4,0%) als Grad 1 und Grad 3

klassifiziert werden. Die übrigen sechs Fälle (12,0%) entsprachen Grad 4 der Einteilung nach Tönnis und Kuhlmann [97]. Eine Restdysplasie, nach der Einteilung von Tönnis [89], fand sich in sechzehn Fällen (32,0%), wobei es sich in fünfzehn Fällen (30,0%) um eine leichte Dysplasie und in einem Fall (2,0%) um eine schwere Dysplasie handelte. Bei 21 Fällen (42,0%) war eine Operation im Sinne einer Osteotomie unumgänglich.

Das Auftreten eines Reluxationseignisses wurde wie auch im in Kapitel 4.1 beschriebenen Kollektiv mit verschiedenen Aspekten der Behandlung und Nachbehandlung in Beziehung gesetzt. Dazu gehören das Geschlecht, der Diagnosegrad nach Graf [31], das Vorhandensein einer Erkrankung neben der kongenitalen Hüftgelenkluxation, die Extensionsbehandlung, die Arthrografie, die verwendete Retentionsgipsart, die Durchführung einer MRT und im Rahmen der Nachbehandlung der Nekroseggrad nach Tönnis und Kuhlmann [97], eine mögliche Restdysplasie und die Durchführung einer Operation im Sinne einer Osteotomie.

Es zeigte sich auch in diesem Kollektiv, dass kein Zusammenhang bestand zwischen einem Reluxationseignis und dem Geschlecht ($p = 0,329$), dem Diagnosegrad nach Graf [31] ($p = 0,27$), dem Vorhandensein einer zusätzlichen Erkrankung ($p = 0,926$), der Durchführung einer Extensionsbehandlung ($p = 0,385$), der angewendeten Gipsart ($p = 0,137$) oder der Nutzung einer MRT ($p = 0,07$). Im Rahmen der Nachuntersuchung fehlte, wie auch im Gesamtkollektiv, eine Beziehung zwischen dem Reluxationseignis und dem Nekroseggrad nach Tönnis und Kuhlmann [97] ($p = 0,666$) und der teilweise bestehenden Restdysplasie ($p = 0,096$).

Signifikante Zusammenhänge zeigten sich bei der Korrelation des Reluxationseignisses mit der Arthrografie ($p = 0,031$) (s. Abb. 4.11) und denen im weiteren Behandlungsverlauf durchgeführten, osteotomierenden Operationen ($p = 0,005$).

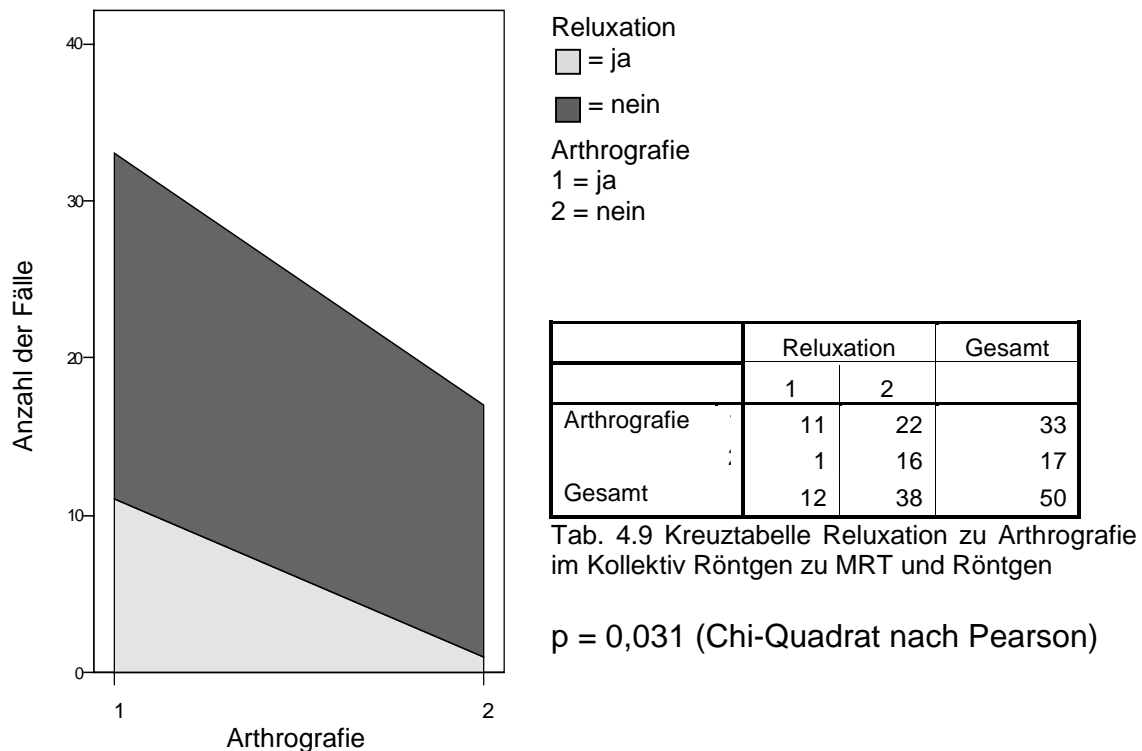


ABB. 4.11 KORRELATION ZWISCHEN RELAXATION UND ARTHROGRAFIE IN DER SUBGRUPPE RÖNTGEN ZU MRT UND RÖNTGEN

4.3.2 Ergebnisse der Röntgenbildauswertung

Die ausgewerteten Röntgenbilder entstammen dem radiologischen Archiv des Universitätsklinikum Marburg. Die Fälle dieser Subgruppe, deren Bilder in diesem Abschnitt bewertet werden, machen 41 Patienten des Gesamtkollektivs aus. Aufgrund der in einzelnen Fällen beidseitigen Diagnose der kongenitalen Hüftgelenkluxation bilden diese 41 Patienten insgesamt 50 Fälle. Unabhängig davon, ob zur Röntgendiagnostik zusätzlich MRT-Aufnahmen gemacht wurden, wurden alle Röntgenbilder dieses Kollektivs beurteilt.

4.3.2.1 Erstes Bild – letzte Nachuntersuchung

Um die im Rahmen der Therapie abgelaufenen Veränderungen der Hüftsituation darzustellen, wurde das initiale Röntgenbild mit dem in der Nachbehandlungsphase zuletzt gemachten Bild verglichen. Hauptsächlich wurde dabei der Wandel des AC-Winkels, die mit diesem im Zusammenhang stehende Dysplasie [94] und nicht zuletzt die Gradeinteilung der Luxation nach Tönnis [93] betrachtet.

Die Beurteilung der AC-Winkel ergab bei den initialen Röntgenbildern einen mittleren AC-Winkel von $32,02^\circ$ mit einem Minimum von 9° und einem Maximum von 43° , was einer Spannweite von 34° entspricht.

Bei der letzten Röntgenaufnahme, die innerhalb der Nachuntersuchungszeit gemacht wurde, zeigte sich ein mittlerer AC-Winkel von $21,78^\circ$, mit einem Minimum von 11° und einem Maximum von 37° . Das kommt einer Spannweite von 26° gleich (s. Abb. 4.12).

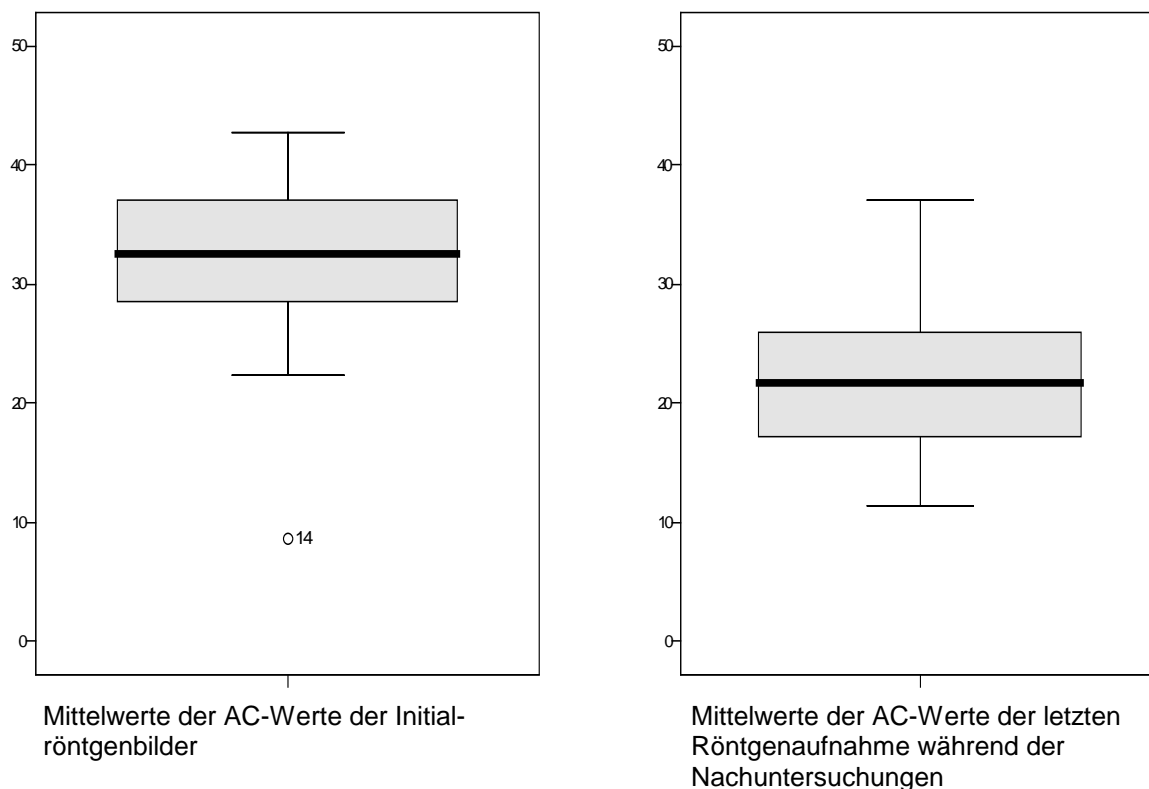


ABB. 4.12 MITTELWERTE DER AC-WINKEL DER INITIALEN UND LETZTEN RÖNTGENAUFNAHME WÄHREND DER NACHUNTERSUCHUNGEN

Die Dysplasie wurde nach der Einteilung von Tönnis in drei Grade aufgeteilt [89]: keine Dysplasie, leichte Dysplasie, schwere Dysplasie.

In der Gruppe der initialen Röntgenbilder zeigte sich folgende Verteilung der Schweregrade: Kein Anzeichen einer Dysplasie fand sich bei 36,8% der betrachteten Fälle, eine leichte Dysplasie zeigte sich bei 23,7% und eine schwere Ausprägung der Dysplasie bei 39,5%. Bei den letzte aufgenommenen Bildern dieser Gruppe war in 41,0% keine Dysplasie vorhanden. Eine leicht ausgeprägte Dysplasie fand sich bei 28,8% und von einer schweren Dysplasie waren 30,8% der Fälle betroffen (s. Abb. 4.13).

Die letzte Nachuntersuchung fand im Mittel nach 7,24 Jahren (min. 0,3 – max. 21,3) statt.

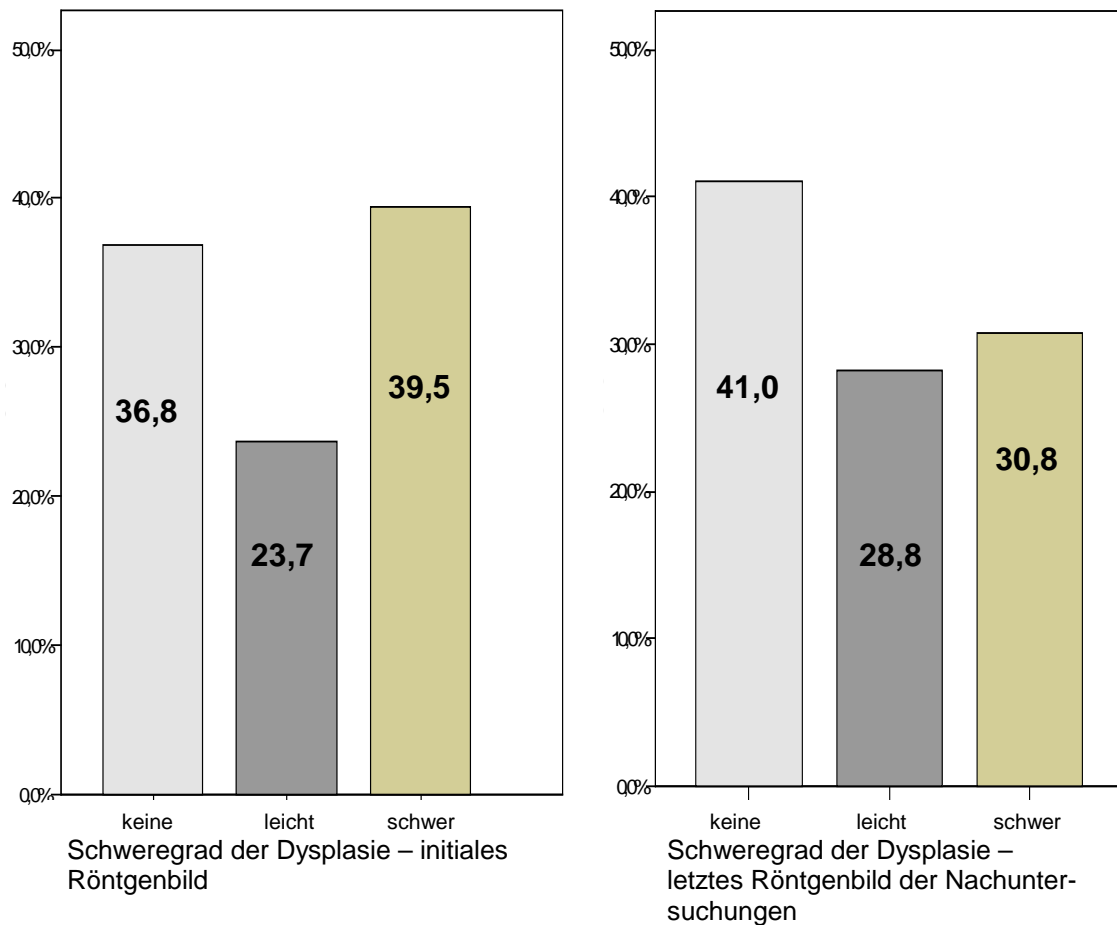
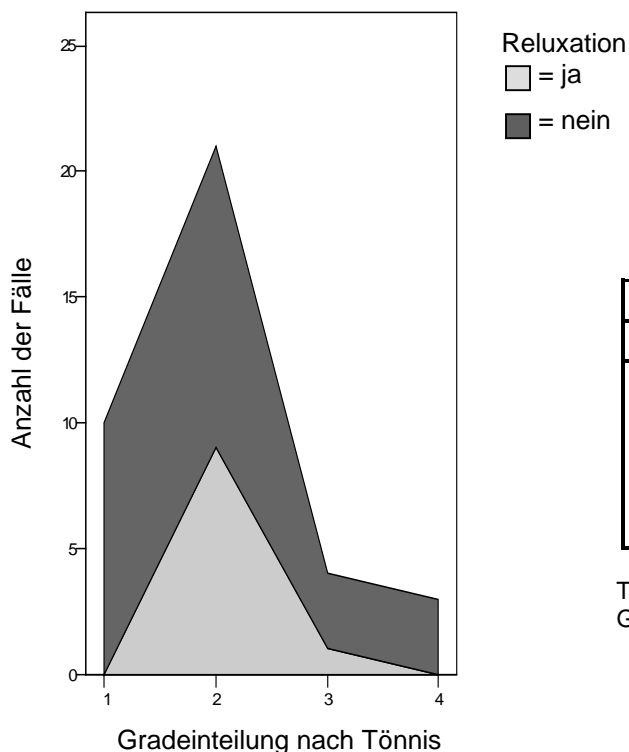


ABB. 4.13 VERTEILUNG DER DYSPLASIESCHWEREGRAD BEIM INITIALEN RÖNTGENBILD UND DEM LETZTEN BILD DER NACHUNTERSUCHUNG

Bezüglich der Luxationsgradeinteilung nach Tönnis [93] entsprachen die Auswertungen im Wesentlichen dem Therapieziel. Wurden in der Gruppe der initialen Bilder noch in 25,0% ein Grad I, in 57,2% ein Grad II, in 10,7% ein Grad III und in 7,2% ein Grad IV klassifiziert, so konnten in der Gruppe der letzten Nachuntersuchungsbilder 89,3% als Grad I und die übrigen 10,7% als Grad II bewertet werden.

4.3.2.2 Zusammenhang zwischen der initialen Luxationsgradeinteilung nach Tönnis und dem Auftreten einer Reluxation

Im vorangegangenen Unterkapitel wurde bereits auf die Häufigkeiten der einzelnen Luxationsgrade nach Tönnis [91, 93] bei der initialen



Tönnis-Grade	Reluxation		Gesamt
	1	2	
1	0	10	10
2	9	12	21
3	1	3	4
4	0	3	3
Gesamt	10	28	38

Tab. 4.10 Kreuztabelle Reluxation zur initialen Gradeinteilung nach Tönnis

$p = 0,055$ (Chi-Quadrat nach Pearson)

ABB. 4.14 KORRELATION RELUXATION ZUR INITIALEN GRADEINTEILUNG NACH TÖNNIS

Röntgenbildgebung eingegangen. Es zeigte sich dabei in nahezu 3/5 der Fälle eine Zuweisung zu Grad 2 der Luxationsgradeinteilung nach Tönnis. Diese Zuteilungen zu den verschiedenen Gradeinteilungen wurde in Zusammenhang gesetzt mit dem in einigen Fällen später aufgetretenen Reluxationsereignis (s. Abb. 4.14). Dabei zeigte sich, dass es vor allem bei Fällen, die bei der initialen Bewertung als Grad 2 eingestuft wurden, im weiteren Verlauf zu einer Reluxation kam, wohingegen es bei initial als Grad 4 eingestuften Fällen innerhalb dieses Kollektivs zu keiner Reluxation kam. Dieser Zusammenhang ist grenzwertig signifikant nach Chan [12] mit $p = 0,055$.

4.3.3 Ergebnisse der MRT-Bildauswertung

Wie auch die Röntgenbilder stammen die ausgewerteten MRT-Bilder aus dem radiologischen Archiv des Universitätsklinikums Marburg. Das Kollektiv der MRT-Bilder umfasst 117 MRT-Laserfilme, die sich in 60 Filme in coronarer und 57 Filme in transversaler Schnittführung gliedern. Diese 117 Bilder gehören zu 17 Patienten, die wegen im Einzelfall beidseitiger Diagnose 22 Fälle des Gesamtkollektivs darstellen.

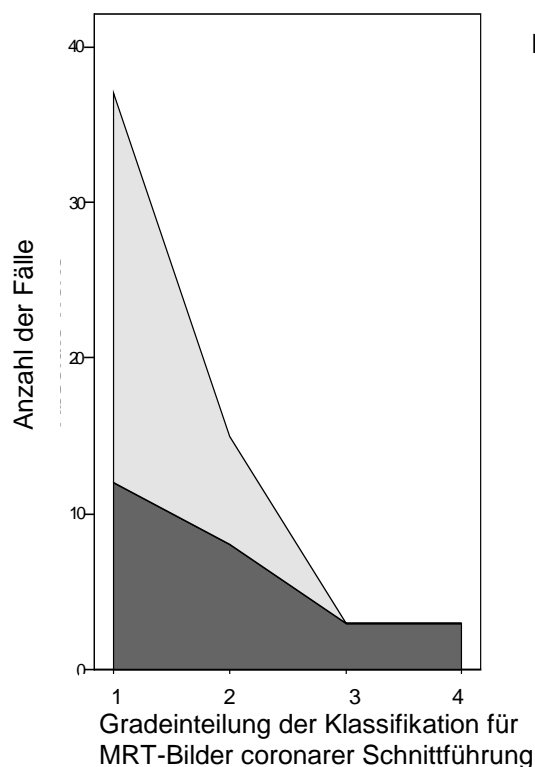
Anhand der neu entwickelten Klassifikationen wurden diese Bilder ausgewertet. Im Folgenden sollen die Ergebnisse dieser Auswertung vorgestellt und mit dem Auftreten eines Reluxationsereignisses in Beziehung gesetzt werden.

4.3.3.1 Klassifikation der coronaren Schnitfführung in Abhängigkeit zu einem Reluxationsereignis

Alle betrachteten MRT-Bilder stellen Hüftsituationen nach der Reposition dar, d.h., dass es sich bei jeder anhand dieser Klassifikation gezeigten Luxation um eine Reluxation handelt. Da in diesem Studiendesign keine Kontrollgruppe mit Anwendung des Goldstandard existiert, wurde die nach der Klassifikation eingestufte Reluxation mit der Dokumentation eines Reluxationsereignisses in den Patientenakten in Verbindung gesetzt.

Von den 60 Bildern in coronarer Schnitfführung konnten 58 (96,7%) ausgewertet werden. Das Fehlen von zwei Bildern erklärt sich durch einen durch die Untersucher nicht eindeutig zuteilbaren Klassifikationsgrad bei diesen Bildern.

Bei der Berechnung der Werte zeigte sich, dass ein signifikanter Zusammenhang für das mit dieser Klassifikation bewertete Reluxationsereignis und dem laut Daten vorgefallenen Ereignis besteht ($p = 0,018$).



Reluxation
 ■ = ja
 □ = nein

		Reluxation		Gesamt
		ja	nein	
Klassifikations- grade	1	12	25	37
	2	8	7	15
	3	3	0	3
	4	3	0	3
Gesamt		26	32	58

Tab. 4.11 Kreuztabelle Reluxationsereignis zu den Gradeinteilungen der neu entwickelten Klassifikation für MRT-Bilder in coronarer Schnitfführung

$p = 0,018$ (Chi-Quadrat nach Pearson)

ABB. 4.15 KORRELATION ZWISCHEN RELUXATION UND DER GRADEINTEILUNG DER NEU ENTWICKELTEN KLASSEIFIKATION FÜR MRT-BILDER IN CORONARER SCHNITTFÜHRUNG

4.3.3.2 Klassifikation der transversalen Schnittführung in Abhängigkeit zu einem Reluxationsereignis

Dem Vorgehen bei der Auswertung der MRT-Bilder coronarer Schnittführung gleich, wurden auch die MRT-Bilder in transversaler Schnittführung nach der entsprechenden, neu entwickelten Klassifikation beurteilt. In dieser Gruppe befanden sich 57 Bilder, die bewertet wurden.

Die Hüftsituation konnte in vier verschiedene Grade nach der neu entwickelten Klassifikation eingeteilt werden: Grad 0 bis Grad 3. Da kein Bild dieser Gruppe als Grad 3 klassifiziert wurde, wurden lediglich die Grade 0 bis 2 mit dem Auftreten eines Reluxationsereignisses in Beziehung gesetzt. Auch hier wurde wegen der fehlenden Kontrollgruppe eine Reluxation als erfolgt gewertet, wenn diese in den Patientendaten dokumentiert war.

Bei der Berechnung der Daten offenbarte sich eine antithetisch signifikante Beziehung zwischen einer nach der neuen Klassifikation als höhergradig luxiert bewerteten Hüfte und den in den Daten dokumentierten Reluxationen ($p < 0,05$).

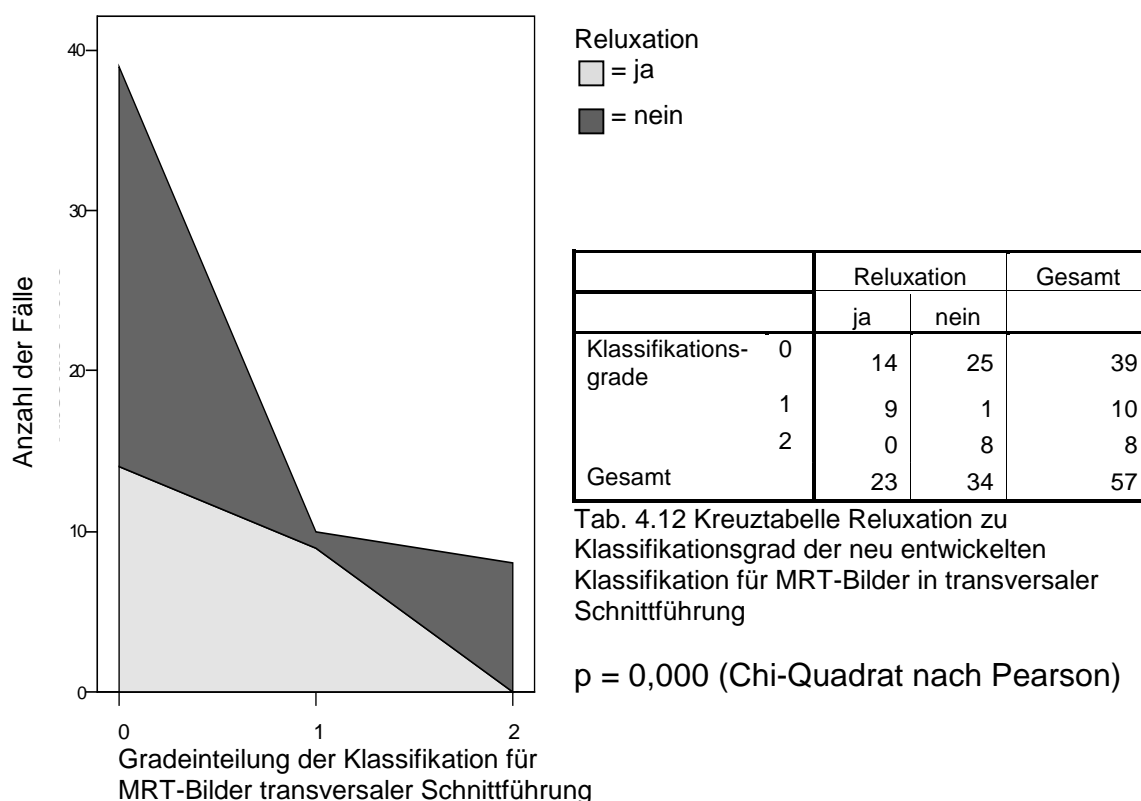


ABB. 4.16 RELUXATION ZU GRADEINTEILUNG DER NEU ENTWICKELTEN KLASSIFIKATION FÜR MRT-BILDER IN TRANSVERSALER SCHNITTFÜHRUNG

4.3.3.3 Betrachtung der abweichenden Fälle innerhalb des transversalen Bildkollektivs

Die Auswertung der transversalen MRT-Bilder zeigte einen antithetischen Zusammenhang zwischen einer nach der neuen Klassifikation bewerteten Reluxation und der in den Akten dokumentierten.

Aus diesem Grund wurden die Fälle genauer betrachtet, bei denen keine Reluxation in den Akten dargestellt, jedoch nach der neu entwickelten Klassifikation eine höhergradige Luxation beschrieben wurde.

Es handelte sich dabei um sechs Fälle, von denen insgesamt 18 MRT-Bilder in transversaler Schnittführung vorlagen. Bei diesen sechs Fällen war in vier Fällen eine Reluxation in den Akten dokumentiert. Nach der transversalen Klassifikation wurden diese Fälle als Grad 1 eingestuft, wohingegen das entsprechende Bild in coronarer Schnittführung eine eindeutige Luxation dritten oder vierten Grades zeigte. In den anderen beiden Fällen, die nach der neu entwickelten Klassifikation für MRT-Bilder in transversaler Schnittführung eine Luxation zweiten Grades aufzeigte, wurde keine Reluxation in den Daten beschrieben. Die entsprechenden Bilder in coronarer Schnittführung zeigten keine oder nur eine geringgradige Luxation (Grad 1 oder Grad 2).

Die Nachuntersuchungsergebnisse dieser zwei Fälle wiesen vier Jahre nach der Initialtherapie eine Hüftkopfnekrose auf, die nach der Einteilung von Tönnis und Kuhlmann [97] als Grad 4 klassifiziert werden konnte. Unter den anderen vier Fällen wies nur ein Fall eine Hüftkopfnekrose auf, die als drittgradig beurteilt wurde.

V. Diskussion

5.1 Diskussion der klinischen Daten

In der vorliegenden Arbeit wurde ein 88 Patienten umfassendes Kollektiv betrachtet, das aufgrund der in Einzelfällen beidseitigen Diagnose 109 Fälle bildete. Dieses Kollektiv entspricht in seiner Zusammensetzung bezüglich der Geschlechterverteilung und der Diagnoseseite der in anderen Studien beschriebenen Kollektive [12, 17, 42, 48, 63, 88, 106, 107], sodass die anhand dieses Kollektivs gewonnenen Ergebnisse als typisch anzusehen sind.

Das in dieser Arbeit dargestellte Kollektiv zeigt ein Verhältnis Mädchen zu Jungen von ungefähr 4:1 (84,4% zu 15,6%). Dieses Verhältnis wird auch von Chan et al. [12], Woolf et al. [107], Kawaguchi et al. [48], Duffy et al. [17] und McNally et al. [63] beschrieben. Bei kleineren Kollektiven, wie beispielsweise dem von Tennant et al. [88], liegt die Rate der weiblichen Fälle sogar höher. Auch die im Verlauf der vorliegenden Arbeit betrachteten Subkollektive weisen dieses Verhältnis auf.

Die "Amerikanische Akademie der Pädiater" beschreibt ein bis zu dreifach erhöhtes Vorkommen einer Luxation der linken Seite bei der Diagnose der kongenitalen Hüftgelenkluxation, was mit der vorderen Hinterhauptslage in Relation steht [42]. Innerhalb des in dieser Arbeit betrachteten Kollektivs liegt ein Verhältnis von annähernd 2:1 (58,7% : 41,3%) vor. Wirth et al. [106] berichten von einem Kollektiv, bei dem in 75% der Fälle die linke Hüfte betroffen war.

In dieser Arbeit werden operativ behandelte Fälle betrachtet. Dies impliziert, dass es sich um schwere Fälle einer kongenitalen Hüftgelenkluxation handelt. Dementsprechend häufen sich Fälle mit höhergradigen Diagnoseeinteilungen: 4,6% Typ D, 33,0% Typ III und 62,4% Typ IV.

Viele andere Studien betrachten die kindliche Hüftgelenkdysplasie und -luxation innerhalb eines Kollektivs oder teilen den Schweregrad der Luxation nicht nach Graf, sondern nach Tönnis ein. Bialik et al. [7] beziffern in einer Studie, die sich mit der Gesamtheit der kindlichen Hüftdysplasie befasst, das Auftreten einer Typ D Hüfte mit 0,57%, das einer Typ III Hüfte mit 0,19% und das einer Typ IV Hüfte mit 0,2%. Betrachtet man in diesem Kollektiv nur die Hüften Typ D bis Typ IV, so ergeben sich 59% Hüften des Typs D, 20% Hüfttyp III und 21% sind

Hüften Typ IV. Westhoff et al. [103] beschreiben ein Kollektiv, welches Typ III und Typ IV Hüften umfasst. Dabei sind 57% Typ III und 43% Typ IV.

Tönnis et al. [96] und Zions et al. [110] nutzen in ihren Studien die Einteilung nach Tönnis, um den Grad der Luxation einzuteilen. Tönnis Kollektiv beinhaltet dabei in 9,9% Grad I Hüften, 79,9% Grad II Hüften, 9,5% Grad III Hüften und 0,7% Grad IV Hüften. Zions Kollektiv weist 33,3% Grad I Hüften, 47,6% Grad II Hüften und 19,1% Grad III Hüften auf. Die Gradeinteilungen nach Graf und Tönnis können tendenziell miteinander verglichen werden.

Das in dieser Arbeit betrachtete Kollektiv weist 19 Fälle (17,4%) auf, die zusätzlich zu der Diagnose einer kongenitalen Hüftgelenkluxation ein anderes Leiden, zumeist syndromal, zeigen. Vergleicht man diese Anzahl mit dem Kollektiv von Wirth et al. [106], das in 25% eine zusätzliche Diagnose aufzeigt, oder dem Kollektiv von Guidera et al. [34], in dem es sich bei 41,6% der Fälle um Kinder mit weiterer Diagnose handelt, tritt hervor sich, dass das in dieser Arbeit betrachtete Kollektiv relativ wenig Kinder mit einer Zweitdiagnose beinhaltet. Zu bedenken ist dabei, dass es sich bei den Kollektiven von Wirth und Guidera [34, 106] um kleine Kollektive mit acht bzw. zwölf Kindern handelt. In anderen Studien [7, 12, 96, 110] wurden die Kinder, die von einer syndromalen oder anderweitigen Erkrankung betroffen waren, bereits im Vorfeld ausgeschlossen, um die durch sie mögliche Beeinflussung der Ergebnisse zu verhindern. Dem gegenüber wurden in der vorliegenden Arbeit auch gezielt diese Kinder beurteilt, um festzustellen, ob sie beispielsweise gefährdeter für ein Reluxationsereignis sind und sich Vor- oder Nachteile bezüglich einzelner Bildgebungsverfahren ergeben. In dieser Arbeit zeigt sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Vorliegen einer Zweitdiagnose und dem Auftreten einer Reluxation, doch weisen 31,6% der Kinder mit einer zusätzlichen Diagnose ein Reluxationsereignis auf. Im Vergleich zu den Kindern des hier betrachteten Kollektivs ohne zusätzliche Diagnose, bei denen es in 17,8% zu einem Reluxationsereignis kam. Grill et al. [32] beschreiben in ihrem Gesamtkollektiv eine Reluxationsrate von 11%.

Gavrankapetanovic et al. [30], Asif et al. [1] und Wu et al. [108] betrachteten gezielt Kinder, die neben der kongenitalen Hüftgelenkluxation an einer weiteren Erkrankung litten. In ihren Studien kam es in 6,7% (Gavrankapetanovic [30]), 12,5% (Asif [1]) und 16,7% (Wu [108]) zu einer Reluxation. LeBel et al. [53]

beobachteten ein Kollektiv von Kindern, die eine teratologische Hüftgelenkluxation aufwiesen. Innerhalb dieses Kollektivs kam es in 5,6% der Fälle zu einer Reluxation. Das 44 Fälle umfassende Kollektiv mit skeletal reifen Kindern von Ucar et al. [99] zeigte keinen Fall, bei dem es zu einer Reluxation kam.

Auf das Auftreten einer Reluxation im Bezug auf eine spezifische Form der Bildgebung wird in den genannten Kollektiven mit Kindern mit zusätzlicher Diagnose, nicht eingegangen [1, 30, 34, 53, 99, 106, 108]. In dem in dieser Arbeit betrachteten Kollektiv konnte eine Grenzfallsignifikanz nach Chan [12] ($p = 0,069$) für das Auftreten einer Reluxation nach Anwendung einer Arthrografie bei Kindern mit Zweitdiagnose dargestellt werden.

Unabhängig von dem Vorliegen einer Zweitdiagnose stellte sich bei den Kindern mit Reluxationsereignis abhängig vom Luxationsgrad nach Graf [31] ein Zusammenhang mit dem Zeitpunkt der Diagnosestellung der Reluxation dar. Demnach wurde die Diagnose der Reluxation umso später gestellt, je schwerer der ursprüngliche Diagnose nach Graf eingeteilt wurde (Typ D – sofort, Typ IIIa – bei Gipswechsel, Typ IV – zeitlich nach der Gipsbehandlung).

Das Auftreten eines Reluxationsereignisses wurde in der vorliegenden Studie im gesamten Kollektiv mit unterschiedlichen, innerhalb der Therapie angewendeten Maßnahmen in Verbindung gesetzt. Auffällig war dabei ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Durchführung einer Arthrografie und dem Auftreten einer Reluxation ($p = 0,002$). Dieser Zusammenhang wurde so in anderen Studien nicht dokumentiert. Es wäre falsch davon auszugehen, dass die Anwendung einer Arthrografie zu einer Reluxation führt. Vielmehr ist zu bedenken, dass besonders bei schwer einstellbaren Hüftgelenkluxationen eine Arthrografie indiziert ist. Dies impliziert, dass es sich bei diesen Hüften bereits vor dem Ereignis der Reluxation um verhältnismäßig unreifere oder dysplastischere Hüften handelte. Innerhalb des in dieser Arbeit betrachteten Kollektivs wurden von den Fällen, die während der Behandlung arthrografierte wurden, 70,2% initial als Hüftluxation Grad IV (nach Tönnis) eingestuft.

In diesem Zusammenhang ist auch die signifikante Verbindung zwischen dem Auftreten einer Reluxation und der im späteren Verlauf der Behandlung durchgeführten Operation im Sinne einer Osteotomie ($p < 0,05$) zu sehen. Auch

diese Beziehung wird so nicht in anderen Studien beschrieben, doch kommt es bei einer reponierten Hüfte zu einer Reluxation, so kann davon ausgegangen werden, dass es sich – wenn eine fehlerhafte Reposition ausgeschlossen werden konnte – um höhergradige Fälle handelt, bei denen die Nachreifung der Hüftsituation langsamer von statten geht, vermindert oder gestört abläuft. Das heißt, dass in vielen dieser Fälle eine Restdysplasie bestehen bleibt, die die Indikation für eine osteotomierende Operation darstellt. Im betrachteten Kollektiv zeigte sich diesbezüglich ein signifikanter Zusammenhang zwischen initial als Hüftluxation Grad IV (nach Tönnis) eingestuften Fällen und der im Rahmen der Nachuntersuchung erfolgten Osteotomien ($p = 0,013$).

5.2 Diskussion der bildgebenden Verfahren und angewendeten Klassifikationen

Im Rahmen der Diagnostik und Therapie der kongenitalen Hüftgelenkluxation gibt es verschiedene Ansichten über die optimale Bildgebung. Die Sonografie wird weitestgehend als bestmögliches Verfahren für Kinder unter einem Jahr angesehen [21, 35, 36, 66], da sie nicht-invasiv, schnell und kostengünstig durchzuführen ist. Zur Diagnosefindung wird im Wesentlichen die Klassifikation nach Graf [31] angewendet, deren reliable Anwendung zwar durch Selbststudien erreicht werden kann [75], doch nach gezielten Schulungen bessere Ergebnisse zeigt [75]. Rosendahl et al. [76] wie auch Tennant et al. [88] weisen ebenfalls darauf hin, dass die Anwendung dieser Klassifikation durchaus auch an Erfahrung bedarf.

Nicht erst wenn die Sonografie aufgrund der beginnenden Ossifikation des Hüftkopfkernes an Darstellbarkeit verliert, wird die röntgenologische Bildgebung unentbehrlich [66]. Bereits im Säuglingsalter werden Röntgenbilder zur Abbildung der Hüftform oder auch Darstellung der Frühphase einer Ossifikationsstörung angewendet [66]. Auch wenn die Röntgendiagnostik ionisierende Strahlen verwendet, ist sie, wie auch die Sonografie, nicht-invasiv, ähnlich schnell durchführbar und kostengünstig. Die Strahlenexposition bei einer solchen Bildgebung eines Säuglings beträgt nach Schuster [80] unter 1% der natürlichen Strahlenexposition/Jahr und als Gonadendosis (mit Gonadenschutz) 2-3 Std. der natürlichen jährlichen Strahlenexposition. Als nachteilig zu bewerten ist bei der Röntgenuntersuchung neben der relativ

geringen Strahlendosis, dass der Hüftkopfkern, so er denn bereits ossifiziert ist, stets unphysiologisch nach lateral projiziert wird und so sowohl zum einen eine mangelnde Hüftkopfüberdachung vorgetäuscht wird, als auch gegebenenfalls eine laterale Luxation vorgespiegelt wird [44]. Pirpiris et al. [72] beschreiben in ihrem Kollektiv, in dem MRT und Röntgen verglichen werden, dass es sich bei der Bildgebung mit Röntgen weiterhin um ein angemessenes Verfahren für die Bildgebung im Rahmen von Nachuntersuchungen handelt.

Neben verschiedenen Winkeln (bspw. AC-Winkel [41, 89], CE-Winkel [104]), die mit Hilfe eines Röntgenbildes ausgemessen werden, wird die Einteilung der Luxationsgrade nach Tönnis bei der a.p.-Beckenübersichtsaufnahme angewendet. Diese Einteilung entstand aus Mangel an Arthrografien in retrospektiven Kollektiven, die sonst anhand der Einteilung nach Dunn [18] beurteilt worden wären. Tönnis [92] bezieht sich in seiner Klassifikation auf die Stellung des Kopfkernes. Diese Einteilung wurde vom Arbeitskreis für Hüftdysplasie der DGOT veröffentlicht, um sie vor allem auch für wissenschaftliche, retrospektive Auswertungen zu nutzen [92].

Zur Darstellung knorpeliger Strukturen war die Arthrografie einst die einzige zur Verfügung stehende Methode [35]. Die Arthrografie ist eine präzise Methode, um Weichteilstrukturen und die Hüftkopfposition darzustellen [2, 25, 54]. Seitdem Bildgebungsverfahren zur Verfügung stehen, die ebenfalls knorpelige Strukturen darstellen, aber nicht-invasiv sind, beschränkt sich die Anwendung der Arthrografie im Wesentlichen auf Fälle, die im direkten Anschluss an die Bildgebung geschlossen reponiert werden [48].

Die Computertomografie, die aufgrund der hohen ionisierenden Strahlendosis seit den 1990er Jahren in Deutschland kaum noch als Bildgebung bei der kongenitalen Hüftgelenkluxation angewendet wird [26], ermöglicht dreidimensionale Daten bezüglich der relativen Position des Hüftkopfes zum knöchernen Acetabulum, jedoch mangelhafte Darstellung von Weichteilstrukturen [17].

Ende der 1980er Jahre gaben Bos et al. [10] ihre Erfahrungen mit der MRT in der Diagnostik und Therapiekontrolle bei der kongenitalen Hüftgelenkluxation heraus. Wirth et al. [106] und Franke et al. [26] veröffentlichten gut zehn Jahre später ihre Ergebnisse zu diesem Thema. Diesen Studien gemein ist, dass sie berichten, dass die MRT die anatomischen Verhältnisse des kindlichen

Hüftgelenks darstellt und auch feine Abweichungen von der idealen Position des Hüftkopfs aufzeigt, bzw. für die Frage der Stellungskontrolle eines reponierten Hüftgelenks im Retentionsgips das bildgebende Verfahren der Wahl ist. Weitere Studien beschreiben die Anwendung von der MRT bei normalen und dysplastischen kindlichen Hüften [9, 34, 45, 47, 51, 63]. Als Nachteile der Bildgebung mittels MRT werden die hohen Kosten, sowie die häufig notwendige Sedation des Kindes angesehen [33].

Den verschiedenen Bildgebungsformen entsprechend, wurden unterschiedliche Klassifikationen zur Beurteilung der Hüftsituation bei der kongenitalen Hüftgelenkluxation entwickelt. Dazu gehören beispielsweise die sonografische Einteilung nach Graf [31] und die röntgenologische Einteilung der a.p.-Beckenübersichtsaufnahme nach Tönnis [93].

In dieser Arbeit wurden überwiegend MRT-Bilder ausgewertet, für deren Bewertung sich noch keine Klassifikation etabliert hat. Die neu entwickelten Klassifikationen orientieren sich an den bestehenden Klassifikationen von Tönnis [93] und Suzuki [86]. Der wesentliche Unterschied der Klassifikation für MRT-Bilder coronarer Schnittführung zur Einteilung von Tönnis, an die diese sich anlehnt, ist darin begründet, dass die MRT zwar den höchsten Weichteilkontrast bietet, aber an ihre Grenzen bei der Darstellung von Knochenkortikalis und Verkalkungen stößt. Tönnis [93], der sich in seiner Klassifikation auf Röntgenbilder bezieht, kann dementsprechend auf feine knöcherne Anteile zurückgreifen und so eindeutig die Waagerechte durch den Pfannenerker darstellen. Diese Darstellung ist mit der MRT nicht grundsätzlich möglich, weshalb als Waagerechte innerhalb der neu entwickelten Klassifikation die Hilgenreiner-Linie [41] genutzt wird. Die Reliabilitätstestung der neu entwickelten Klassifikation für MRT-Bilder coronarer Schnittführung ergab für die intra-observer Bewertung eine 63,3 – 83,3%ige Übereinstimmung, wenn die Ergebnisse aller Bilder betrachtet wurden. Bei der alleinigen Betrachtung der Bilder, deren Qualität als gut beurteilt wurde, ergaben sich 64,7 – 82,4% Übereinstimmungen. Die geringste Übereinstimmung zeigte sich bei dem ungeübtesten Untersucher (Studierende der Medizin) und zeigte bei der Betrachtung aller Bilder eine besonders hohe intra-observer Übereinstimmung bei dem Facharzt für Orthopädie. Wurden nur qualitativ gute Bilder betrachtet, stimmten der Facharzt für Orthopädie und der Radiologe gleich oft bei der intra-

observer Betrachtung überein. Das zeigt, dass diese Klassifikation sowohl von der Erfahrung des Untersuchers, als auch von der Qualität der zu untersuchenden Bilder abhängt. Diese Qualitätsabhängigkeit zeigt sich auch bei der inter-observer Reliabilitätstestung der Klassifikation der coronaren MRT-Bilder. Ergab die alpha-Reliabilitätsanalyse bei der Betrachtung aller Bilder einen alpha-Wert von 0,7002, so stieg dieser auf $\alpha = 0,7878$, als nur qualitativ gute Bilder in die Analyse einbezogen wurden.

Suzuki [47, 86] beschreibt eine sonografische Klassifikation für die transversale Ansicht der Hüfte, die Kashiwagi [47] innerhalb eines Kollektivs (1988-1993) bei der Auswertung von MRT-Bildern anwendete. Die in der hier vorliegenden Arbeit genutzte Klassifikation unterscheidet sich von der von Suzuki durch die Einführung eines neutralen Zustandes, in dem die Hüfte nicht luxiert ist und geringfügig anders zugeordneten Hüftkopfverlagerungsabständen. Auch McNally et al [63] beurteilten MRT-Bilder in transversaler Schnittführung, ohne jedoch die zur Bewertung genutzte Klassifikation näher zu benennen.

Bei der Auswertung der in dieser Arbeit angewendeten Klassifikation zeigte sich bei der intra-observer Reliabilität eine Abhängigkeit von der Erfahrung der Bildauswertung der einzelnen Untersucher. So stimmte der Facharzt für Orthopädie und Kinderorthopädie mit sich selbst häufiger überein (75,4%), als der Radiologe (70,2%) oder wiederum die Studierende der Medizin (57,9%). Schloss man in die intra-observer Reliabilitätstestung lediglich die Bilder guter Qualität ein, so zeigte sich bei jedem der drei Untersucher eine höhere Übereinstimmung. Diese Qualitätsabhängigkeit spiegelt sich auch in der Reliabilitätsuntersuchung der inter-observer Ergebnisse wider. Die Bewertung aller Bilder mit der neu entwickelten Klassifikation zeigte bei den Bildern transversaler Schnittführung keinen reliablen Zusammenhang ($\alpha = 0,5662$). Wohingegen sich ein solcher bei der alleinigen Betrachtung der qualitativ guten Bilder abzeichnete ($\alpha = 0,7307$). Daraus ergibt sich, dass diese Klassifikation der MRT-Bilder in transversaler Schnittführung stärker von der Qualität der Bilder, als von der Erfahrung des jeweiligen Untersuchers abhängt.

In der vorliegenden Arbeit wurden im dritten Teil des Ergebniskapitels (Kapitel 4.3) die Ergebnisse des Subkapitels (Kapitel 4.3.3) dargestellt, das sich aus den Fällen zusammensetzt, deren Röntgen- und MRT-Bilder nach den bestehenden

bzw. neu entwickelten Klassifikationen beurteilt wurden. Das vorgestellte Kollektiv entspricht in seiner Zusammensetzung aus Diagnose, Geschlecht, Seitenneigung und dem Vorhandensein einer zusätzlichen Diagnose den Kollektiven anderer Studien [7, 12, 17, 42, 48, 63, 88, 106, 107, 110]. Hinsichtlich dem Auftreten einer Reluxation zeigt sich innerhalb dieses Kollektivs im Vergleich zu dem Kollektiv von Grill et al. [32] eine mehr als doppelt so hohe Rate an Reluxationen. Grills Gesamtkollektiv umfasst 197 Fälle, das nun betrachtete Kollektiv im Vergleich dazu nur 50 Fälle. Unabhängig von der Bewertung der Bilder nach den vorhandenen und neu entwickelten Klassifikationen zeigten sich in diesem Subkollektiv im Bezug auf das Reluxationsereignis sowohl grenzwertig signifikante, als auch signifikante Zusammenhänge. Wie im Gesamtkollektiv zeigte sich in diesem Subkollektiv ein signifikanter Zusammenhang bei dem Auftreten einer Reluxation und der vorherigen Durchführung einer Arthrografie ($p = 0,031$) und der im weiteren Behandlungsverlauf durchgeführten Beckenosteotomie ($p = 0,005$). Die Gründe für diese Signifikanzen entsprechen denen, die bei der Beschreibung des Gesamtkollektivs dargestellt wurden.

Als grenzwertig signifikant nach der Definition von Chan [12] erwies sich das Verhältnis Reluxation zu bestehender Restdysplasie ($p = 0,096$) und Reluxation zu der Nutzung einer MRT ($p = 0,07$). Diese Zusammenhänge lassen sich dadurch erklären, dass sowohl eine dysplastische Hüfte instabiler ist als eine dysplasiefreie Hüfte, als auch eine Reluxation und die erneute Reposition zu Manipulationen der Knorpelstruktur des Acetabulums führen, die in einer Dysplasie enden können.

Der Zusammenhang zwischen der Bildgebung mittels MRT und dem Auftreten einer Reluxation ergibt sich in diesem Kollektiv dadurch, dass nach der jeweiligen Reposition erneut eine MRT-Aufnahme gemacht wurde, um das Repositionsergebnis zu kontrollieren und dokumentieren. Demnach gibt es von Fällen mit Reluxation automatisch mehr MRT-Bilder, als von den Fällen, die nicht reluxiert sind. Das heißt, dass eine MRT-Aufnahme nicht zu einer Reluxation führt, aber scheinbar nicht dafür sorgen kann, dass durch ihre Auswertung und Beurteilung gesehen wird, ob die Hüfte derart optimal eingestellt ist, dass es nicht zu einer Reluxation kommen kann.

Allgemein betrachtet ergibt sich daraus, dass eine MRT-Aufnahme gegenüber einer normalen Röntgenaufnahme keine Vorteile bietet.

Die Beurteilung der MRT-Bilder durch die Radiologie zeigte, dass diese hauptsächlich die Bilder in coronarer Schnittführung ausgewertet hatte und weniger die transversalen Bilder.

Betrachtet man jedoch die Ergebnisse der Auswertung mit der neu entwickelten Klassifikation der transversalen MRT-Bilder genauer, so zeigt sich, dass Hüften danach als relaxiert bewertet wurden, ohne dass eine Relaxation als solche in den Akten dokumentiert war. Die in diesem Zusammenhang in den Nachuntersuchungen gesondert betrachteten Fällen, wiesen schwere Hüftkopfnekrosen auf. Das impliziert, dass sich diese Hüften in einer nicht anatomischen Stellung befanden und es so zur Nekrose kommen konnte. In der transversalen Schnittführung ist es somit möglich, mit der MRT eine Luxation (oder Relaxation) nach ventral oder dorsal zu verifizieren, was durch eine a.p.-Beckenaufnahme oder durch ein MRT-Bild in coronarer Schnittführung nicht erreichbar ist. Auch Suzuki [87] schreibt, dass eine Röntgenaufnahme Informationen über laterale oder proximale anatomische Veränderungen liefert, jedoch nicht über die anteroposteriore Situation. Ebenso gibt McNally [63] zu bedenken, dass bei Röntgenbildern posteriore Verlagerungen übersehen werden können und schließt mit der Aussage, dass innerhalb seiner Studie kein Fortschritt mit der coronaren Schnittführung der MRT im Vergleich zu Röntgen gesehen wird, im Gegensatz zur transversalen Schnittführung.

Neben der Gegebenheit, dass die coronare Schnittführung der MRT keine Vorteile gegenüber Röntgen bietet, muss des Weiteren bedacht werden, dass bei der MRT-Bildgebung jeweils das allgemeine Risiko einer Sedation oder Anästhesie hinzukommen. Sury et al. [85] und Tsui et al. [98] beschreiben in ihren Kollektiven, die 1155 (Sury) und 56 Fälle (Tsui) umfassen, dass keinerlei Komplikationen aufgetreten sind. In Einzelfällen musste die Bildgebung wegen Bewegungsartefakten wiederholt werden. Lutterbey et al. [58] hingegen stellen die Entstehung von Atelektasen bei Kindern, die für eine MRT-Bildgebung anästhesiert wurden, in Abhängigkeit von verschiedenen Beatmungsformen während der Anästhesie dar. Sie kommen zu dem Schluss, dass verschiedene Konstellationen zu Atelektasen führen, doch, dass es dessen ungeachtet bei intubierten Kindern häufiger zu Atelektasenbildung kam, als bei Kindern, die

keinerlei künstlicher Beatmung zugeführt wurden. Von schwerwiegenden Komplikationen wird nur im Zusammenhang mit Polytraumatisierung und bestehenden ernsthaften kardiopulmonalen Erkrankungen berichtet, bei denen die Kinder nicht zur Bildgebung eines Hüftleidens sediert wurden [59, 60].

Hinsichtlich der Risiken und Gefahren, die durch die ionisierenden Strahlen bei einer a.p.-Beckenübersichtsaufnahme im Zusammenhang mit einer Hüftgelenkluxation entstehen, sind keine Studien veröffentlicht. Wie bereits erwähnt, benannte Schuster [80] die Strahlenexposition als unter 1% der natürlichen Strahlenexposition pro Jahr. Inwiefern diese Dosis zu Spätfolgen führen kann, ist nicht bekannt.

Diese Ergebnisse führen zu dem Schluss, dass die MRT in *coronarer* Schnittführung gegenüber einer a.p.-Beckenübersichtsaufnahme nicht nur keinen Vorteil einbringt, sondern darüber hinaus noch die Risiken einer Anästhesie birgt.

Im Gegensatz dazu gewinnt man mit der MRT in *transversaler* Schnittführung Informationen, die auf diese Weise durch keine andere Bildgebung zu erzielen sind: Die transversale Ansicht des Hüftgelenks. Zwar lässt sich diese auch durch eine Computertomografie darstellen, doch nutzt man bei dieser Bildgebung hohe Strahlendosen, die zu einer Sedation oder Narkose noch hinzukämen. Des Weiteren lassen sich knorpelige Strukturen, die besonders im Kindesalter noch vorherrschen, nicht mit der CT darstellen.

Um auch weiterhin anteroposteriore Luxationen oder Reluxationen nicht zu übersehen, besteht die Notwendigkeit einer Bildgebung mit der MRT. Auf den Ergebnissen dieser Arbeit aufbauend, ergibt sich folgender Vorschlag eines Algorithmus zur Anwendung der MRT im Rahmen einer kongenitalen Hüftgelenkluxation: Im Anschluss an die primäre Reposition, für die das Kind anästhesiert ist, sollte diese Narkose ausgenutzt und eine MRT gefahren werden, um so die coronar als auch transversal sicher reponierte Hüfte darzustellen. Zeigt sich hierbei ein blandes Bild, so können weitere Bildgebungen, beispielsweise im Anschluss an einen Gipswechsel, mit Röntgen gemacht werden. Sieht man bei diesem MRT-Bild jedoch eine nicht völlig blande Situation, so ist zum Einen die Reposition zu wiederholen und zum Anderen im Anschluss an die erneute Reposition und Retention eine weitere

MRT-Aufnahme zu machen, um die Lage des Hüftkopfes sowohl coronar, als auch transversal zu überprüfen.

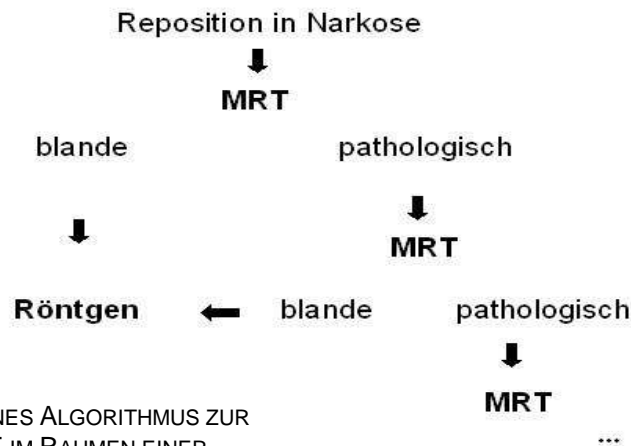


ABB. 5.1 VORSCHLAG EINES ALGORITHMUS ZUR ANWENDUNG EINER MRT IM RAHMEN EINER KONGENITALEN HÜFTGELENKLUXATION

Neben den MRT-Bildern wurden in der vorliegenden Arbeit von 50 Fällen Röntgenbilder betrachtet und ausgewertet. Die Beurteilung der AC-Winkel bei der initialen Röntgenbildgebung ergab einen mittleren AC-Winkel von $32,02^\circ$ (9° - 43°), die Röntgenbildgebung der letzten - zum Zeitpunkt der Beurteilung stattgefundenen - Nachuntersuchung zeigte einen mittleren AC-Winkel von $21,78^\circ$ (11° - 37°). Es zeigt sich eine Verringerung des mittleren AC-Winkels um ungefähr 10° . Da die Fälle dieser Gruppe jeweils unterschiedlich lange Nachuntersuchungszeiten aufweisen, kann nur die sinkende Tendenz des mittleren AC-Winkels beurteilt werden. Es handelt sich bei den Ergebnissen nicht um die Werte des Therapieendes. So sind auch die Ergebnisse der Dysplasiegrade zu betrachten. Die Tendenz zeigt eine Abnahme der schweren Dysplasie, jedoch besteht in 30,8% bei den zuletzt betrachteten Röntgenbildern der 50 Fälle eine schwere Dysplasie. Diese Zahl sank von 39,5% der schwerdysplastischen Fälle bei initialer Bildgebung, ist jedoch auch nicht als Endwert zu betrachten, da sich viele Kinder zum Zeitpunkt der Datenerhebung noch in Behandlung befanden.

Der Luxationsgrad, der bei initialer Bildgebung vorlag, wurde durch die Einteilung nach Tönnis [93] eingestuft und mit dem im weiteren Verlauf der Behandlung möglicherweise aufgetretenen Reluxationsereignis in Beziehung gesetzt. Es zeigte sich dabei, dass als Grad 2 eingestufte Hüften scheinbar zu

einer Relaxation neigen ($p = 0,055$). Dieser Zusammenhang wird in anderen Studien nicht beschrieben. Da diese Beziehung in dieser Studie lediglich grenzwertig signifikant [12] ist, sollte dieser Zusammenhang gegebenenfalls in einer prospektiven, randomisierten Studien überprüft werden.

VI. Zusammenfassung

Einleitung: Seit der Einführung der Magnetresonanztomografie (MRT) in die Diagnostik der kongenitalen Hüftgelenkluxation in den 1980er Jahren wird dieses Verfahren aufgrund seiner hohen Sensitivität in der Weichteil- und Knorpeldarstellung mit als das bildgebende Verfahren der Wahl bei der Stellungskontrolle nach der Reposition der kindlichen Hüftgelenkluxation angesehen.

Das Ziel der vorliegenden Studie war mit Hilfe von neu entwickelten Klassifikationen für die coronare und transversale MRT-Bildgebung aufzuzeigen, ob sich die Nachuntersuchungen der Therapiekontrollen mit Röntgen oder MRT signifikant unterscheiden und ob sich eine der beiden Bildgebungen hinsichtlich der Diagnostik und Darstellung eines Reluxationsereignisses als vorteilhaft erweist.

Material und Methoden: (1) Das Gesamtkollektiv dieser retrospektiven Studie setzt sich aus 109 Fällen zusammen. Betrachtet wurden neben Geschlecht und Alter bei Initialbehandlung vor allem der Luxationsgrad nach Graf, die betroffene Hüftseite, Nebendiagnosen, konservative und operative Behandlungsformen, angewendete Bildgebungen, Gipsart und -tragedauer, evtl. Reluxationsereignisse und deren Therapie und im Rahmen der Nachuntersuchungen: aufgetretene Hüftkopfnekrosen, Restdysplasien und Operationen im Sinne einer Osteotomie.

(2) Zur Entwicklung der neuen Klassifikationen wurden 117 MRT-Laserfilme des Kollektivs von drei voneinander unabhängigen Untersuchern ausgewertet und bezüglich der intra- und inter-observer Reliabilität, auch unter Berücksichtigung der Bildqualität, mittels der alpha-Reliabilitätsanalyse untersucht (reliabel: $\alpha > 0,7$).

(3) Innerhalb eines 50 Fälle umfassenden Subkollektivs wurden die Bildgebungen (Röntgen und MRT) mit den untersuchten Punkten der Therapie und Nachuntersuchung in Beziehung gesetzt und die neu entwickelten Klassifikationen gezielt in Verbindung mit dem Auftreten eines Reluxationsereignisses angewendet und ausgewertet.

Ergebnisse: (1) Innerhalb des Gesamtkollektivs zeigte sich im Hinblick auf das Auftreten eines Reluxationsereignisses ein signifikanter Zusammenhang mit der

Durchführung einer Arthrografie ($p = 0,002$) und der Ausführung einer Osteotomie ($p = 0,000$). Eine Reluxation konnte mit keinem weiteren Aspekt, weder während der Therapie, noch während der Nachuntersuchungen in Verbindung gebracht werden.

(2) Die Auswertung der Klassifikationen ergab eine intra-observer Reliabilität von 63,3 – 83,3% für alle MRT-Bilder coronarer Schnittführung und 64,7% - 82,4% für die coronaren Bilder guter Bildqualität. Bei der transversalen Schnittführung waren dies 57,9 – 75,4% für alle Bilder und 68,8 – 87,5% für die Bilder guter Qualität. Die inter-observer Reliabilität der Bilder coronarer Schnittführung zeigte $\alpha = 0,7002$ für alle Bilder und $\alpha = 0,7878$ für die Bilder guter Qualität. Die inter-observer Reliabilität für alle transversalen MRT-Bilder ergab $\alpha = 0,5662$ und bei Bildern guter Qualität $\alpha = 0,7307$.

(3) Die Auswertung der Röntgen- und MRT-Bilder ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen Röntgen und MRT in coronarer Schnittführung hinsichtlich therapeutischen Gesichtspunkten, dem Auftreten einer Reluxation und Aspekten der Nachuntersuchung. Die Anwendung der transversalen Klassifikation hingegen konnte bis dahin nicht diagnostizierte Reluxationen darstellen.

Schlussfolgerung: Die Ergebnisse der vorliegenden Studie können keinen Vorteil der MRT-Bildgebung in coronarer Schnittführung gegenüber der a.p.-Röntgenaufnahme zeigen. Doch visualisiert die transversale Schnittebene anteroposteriore Reluxationen, die durch Röntgen nicht dargestellt werden können. Die Risiken, die eine Anästhesie bzw. ionisierende Strahlen bergen, abwägend, ergibt sich aus den Ergebnissen dieser Arbeit der Vorschlag eines Algorithmus zur Anwendung einer MRT bei der kongenitalen Hüftgelenkluxation: Die Anästhesie der Reposition sollte ausgenutzt werden, um mittels MRT die sicherer Reposition in coronarer und transversaler Ebene zu sichern. Zeigt sich hierbei ein blandes Bild, können weitere Bildgebungen mittels Röntgen durchgeführt werden. Zeigt sich eine pathologische Hüftsituation, so ist zuerst die Reposition und im Anschluss die MRT-Bildgebung zu wiederholen. Erst nach blander Bildgebung in beiden Ebenen sollen weitere Kontrollen, beispielsweise nach Gipswechsel, durch Röntgen angefertigt werden.

VII. Literaturverzeichnis

1. Asif S, Umer M, Beg R, M U. (2004) Operative treatment of bilateral hip dislocation in children with arthrogryposis multiplex congenita. J Orthop Surg (Hong Kong), 12, 4 - 9.
2. Astley R. (1967) Arthrography in congenital dislocation of the hip. Clin Radiol, 18, 253 - 260.
3. Barlow T. (1962) Early diagnosis and treatment of congenital dislocation of the hip. J Bone Joint Surg Br, 44, 292 - 301.
4. Becker F. (1969) Die konservative Behandlung der Hüft dysplasie und Hüftverrenkung. Z Orthop, 106, 173 - 201.
5. Becker F. (1952) Kleine technische Neuerungen für die Praxis. Z Orthop, 82, 324.
6. Becker F. (1962) Über zehnjährige Erfahrungen mit der Spreizbehandlung der sogenannten congenitalen Hüftgelenksluxation im Säuglings- und Kleinkindesalter. Z Orthop, 95, 194 - 202.
7. Bialik V, Bialik GM, Blazer S, Sujov P, Wiener F, Berant M. (1999) Developmental dysplasia of the hip: a new approach to incidence. Pediatrics, 103, 93-9.
8. Bland JM, Altman DG. (1997) Cronbach's alpha. Bmj, 314, 572.
9. Bos CF, Bloem JL. (1989) Treatment of dislocation of the hip, detected in early childhood, based on magnetic resonance imaging. J Bone Joint Surg Am, 71, 1523-9.
10. Bos CF, Bloem JL, Obermann WR, Rozing PM. (1988) Magnetic resonance imaging in congenital dislocation of the hip. J Bone Joint Surg Br, 70, 174-8.
11. Carter C, Wilkinson JA. (1964) Genetic and environmental factors in the etiology of congenital dislocation of the hip. Clin Orthop Relat Res, 33, 119.
12. Chan A, McCaul KA, Cundy PJ, Haan EA, Byron-Scott R. (1997) Perinatal risk factors for developmental dysplasia of the hip. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed, 76, F94-100.
13. Chiari K. (1955) Ergebnisse mit der Beckenosteotomie als Pfannendachplastik. Z Orthop, 87, 14.
14. Craig W, Risser J, WG K. (1955) Review of four hundred cases of congenital dysplasia and dislocation of the hip. J Bone Joint Surg Am, 37, 403 - 404.

15. Dega W. (1964) Schwierigkeiten in der chirurgischen Reposition der veralteten kongenitalen Subluxation des Hüftgelenkes bei Kindern. Beitr Orthop Traumatol, 11, 642 - 647.
16. Devred P, Tréguier C, Ducou-Le-Pointe H. (2001) Échographie de hanche et autres techniques d'imagerie en pédiatrie. J Radiol - Éditions Francaises de Radiologie, 82, 803 - 16.
17. Duffy CM, Taylor FN, Coleman L, Graham HK, Nattrass GR. (2002) Magnetic resonance imaging evaluation of surgical management in developmental dysplasia of the hip in childhood. J Pediatr Orthop, 22, 92-100.
18. Dunn P. (1969) Congenital dislocation of the hip (CDH): Necropsy studies at birth. Proc R Soc Med, 62, 1035 - 1037.
19. Dupuytren JB. (1826) Mémoire sur un déplacement originel ou congénital de la tête des fémurs. Répert. gén. Anat., Physiol. path., Clin. chirurg. 2.
20. Exner GU, Frey E. (1997) [Hip dysplasia in infancy. Proton spin tomography and computerized tomography]. Orthopade, 26, 59-66.
21. Felus J, Kowalczyk B. (2005) [Clinically silent developmental hip dysplasia--significance of the hip ultrasonographic examination]. Chir Narzadow Ruchu Ortop Pol, 70, 397-400.
22. Fettweis E. (1992) Das kindliche Hüftluxationsleiden. Die Behandlung in Sitz-Hock-Stellung. ecomed, Landsberg / Lech.
23. Fettweis E. (1977) Die Behandlung der kongenitalen Hüftgelenksdysplasie mit dem Sitz-Hock-Gips. 2. Symposium des Arbeitskreises für Hüftdysplasie. Z Orthop, 115, 648 - 649.
24. Fettweis E. (1968) Sitz-Hock-Stellungsgips bei Hüftgelenkdysplasien. Arch Orthop Trauma Surg, 63, 38 - 51.
25. Forlin E, Choi I, Guille J, Bowen J, Glutting J. (1992) Prognostic factors in congenital dislocation of the hip treated with closed reduction: The importance of arthrographic evaluation. J Bone Joint Surg Am, 74, 1140 - 1152.
26. Franke J, Lazovic D, Lotz J, Ruhmann O, Wirth CJ. (1998) [Magnetic resonance tomography in therapy follow-up after repositioning treatment of congenital hip dislocation]. Z Orthop Ihre Grenzgeb, 136, 205-9.
27. Frejka B. (1941) Prävention der angeborenen Hüftgelenksluxation durch Abduktionspolster. Wiener Klin. Wschr., 91, 523 - 524.
28. Gage J, Winter R. (1972) Avascular Necrosis of the Capital Femoral Epiphysis as a Complication of Closed Reduction of Congenital Dislocation of the Hip. A Critical Review of Twenty Years' Experience at Gillette Children's Hospital. J Bone Joint Surg Am, 54, 373 - 388.

29. Ganz R, Klaue K, Vinh TS, Mast JW. (1988) A new periacetabular osteotomy for the treatment of hip dysplasias. Technique and preliminary results. Clin Orthop Relat Res, 26-36.
30. Gavrankapetanovic I, Cobeljic G, Bajin Z, Vukasinovic Z, Gavrankapetanovic F. (2006) Developmental dysplasia of the hip in cerebral palsy-surgical treatment. Int Orthop.
31. Graf R. (1984) Fundamentals of sonographic diagnosis of infant hip dysplasia. J Pediatr Orthop, 4, 735-40.
32. Grill F, Ganger K, Waschak K, Altenhuber J. (2006) Redislocation after open reduction in DDH. In: Orthopaedic Hospital Speising, Wien.
33. Grissom L, Harcke HT, Thacker M. (2008) Imaging in the surgical management of developmental dislocation of the hip. Clin Orthop Relat Res, 466, 791-801.
34. Guidera KJ, Einbecker ME, Berman CG, Ogden JA, Arrington JA, Murtagh R. (1990) Magnetic resonance imaging evaluation of congenital dislocation of the hips. Clin Orthop Relat Res, 96-101.
35. Harcke HT. (1992) Imaging in congenital dislocation and dysplasia of the hip. Clin Orthop Relat Res, 22-8.
36. Harcke HT. (2005) Imaging methods used for children with hip dysplasia. Clin Orthop Relat Res, 71-7.
37. Hefti F. (1998) Kinderorthopädie in der Praxis. Springer Verlag, Berlin Heidelberg.
38. Hefti F. (1997) [Open reduction technique]. Orthopade, 26, 67-74.
39. Henle P, Tannast M, Siebenrock KA. (2008) [Imaging in developmental dysplasia of the hip]. Orthopade, 37, 525-31.
40. Hildebrandt H, (Hrsg.). (1998) Pschyrembel Klinisches Wörterbuch. de Gruyter.
41. Hilgenreiner. (1925) Zur Frühdiagnose und Frühbehandlung der angeborenen Hüftgelenkverrenkung. Med Klin, 21, 1385 - 1388, 1425 - 1429.
42. Homer C, Baltz R, Hickson G, Miles P, Newman T, Shook J, WM Z. (2000) Clinical practice guideline: early detection of developmental dysplasia of the hip. Committee on Quality Improvement, Subcommittee on Developmental Dysplasia of the Hip. American Academy of Pediatrics. Pediatrics, 105, 896-905.
43. Hopf A. (1966) Hüftverlagerung durch doppelte Beckenosteotomie zur Behandlung der Hüftgelenkdysplasie und Subluxation bei Jugendlichen und Erwachsenen. Z Orthop, 101, 559 - 586.

44. Imhäuser G. (1986) Die exzentrische Ossifikation der Hüftkopfepiphyse bei der Hüftluxation; Konsequenzen bei Diagnose und Therapie. Z Orthop, 124, 241 - 246.
45. Johnson ND, Wood BP, Noh KS, Jackman KV, Westesson PL, Katzberg RW. (1989) MR imaging anatomy of the infant hip. AJR Am J Roentgenol, 153, 127-33.
46. Kahle WK, Anderson MB, Alpert J, Stevens PM, Coleman SS. (1990) The value of preliminary traction in the treatment of congenital dislocation of the hip. J Bone Joint Surg Am, 72, 1043-7.
47. Kashiwagi N, Suzuki S, Kasahara Y, Seto Y. (1996) Prediction of reduction in developmental dysplasia of the hip by magnetic resonance imaging. J Pediatr Orthop, 16, 254-8.
48. Kawaguchi AT, Otsuka NY, Delgado ED, Genant HK, Lang P. (2000) Magnetic resonance arthrography in children with developmental hip dysplasia. Clin Orthop Relat Res, 235-46.
49. Konermann W, Gruber G, Tschauner C. (1999) Die Hüfttreifungsstörung / Diagnose und Therapie. Dr. Dietrich Steinkopff Verlag, Darmstadt.
50. König F. (1891) Bildung einer knöchernen Hemmung für den Gelenkkopf bei der kongenitalen Luxation. Zentralbl Chir, 17, 146 - 147.
51. Lang P, Genant HK, Jergesen HE, Murray WR. (1992) Imaging of the hip joint. Computed tomography versus magnetic resonance imaging. Clin Orthop Relat Res, 135-53.
52. Langenbeck Bv. (1868) Ueber die Schussfrakturen der Gelenke und ihre Behandlung. Hirschwald, Berlin.
53. LeBel M, Gallien R. (2005) The surgical treatment of teratologic dislocation of the hip. J Pediatr Orthop B, 14, 331 - 336.
54. Lonnerholm T. (1980) Arthrography of the hip in children: Technique, normal anatomy and findings in unstable hip joints. Acta Radiol Diagn, 21, 279 - 292.
55. Lorenz A. (1892) Operative Therapie der angeborenen Hüftverrenkung. Zbl. Chir. 19, 633, 1041.
56. Lorenz A. (1895) Ueber die mechanische Behandlung der angeborenen Hüftverrenkung. Zentralbl Chir, 22, 153.
57. Ludloff K. (1908) Zur blutigen Einrenkung der angeborenen Hüftluxation. Z Orthop Chir, 22, 272 - 276.
58. Lutterbey G, Wattjes MP, Doerr D, Fischer NJ, Gieseke J, Jr., Schild HH. (2007) Atelectasis in children undergoing either propofol infusion or positive pressure ventilation anesthesia for magnetic resonance imaging. Paediatr Anaesth, 17, 121-5.

59. Malviya S, Voepel-Lewis T, Eldevik O, Rockwell D, Wong J, Tait A. (2000) Sedation an general anaesthesia in children undergoing MRI and CT: adverse events an outcomes. *British Journal of Anaesthesia*, 84, 743 - 748.
60. Malviya S, Voepel-Lewis T, Tait AR. (1997) Adverse events and risk factors associated with the sedation of children by nonanesthesiologists. *Anesth Analg*, 85, 1207-13.
61. Mamisch T, Bittersohl B, Hughes T, Kim Y-J, Welsch G, Dudda M, Siebenrock K, Werlen S, Trattnig S. (2008) Magnetic Resonance Imaging of the Hip at 3 Tesla: Clinical Value in Femoroacetabular Impingement of the Hip an Current Concepts. *Seminars in musculoskeletal radiology*, 12, 212-22.
62. Maronna U. (1995) Restdysplasie: Operative Therapie versus Spontanheilung. In: *Kontroverses in der Orthopädie. Münsteraner Frühjahrs-Symposium, Mai 1994* (ed. IJ Hoffstetter, I). Shaker, Aachen.
63. McNally EG, Tasker A, Benson MK. (1997) MRI after operative reduction for developmental dysplasia of the hip. *J Bone Joint Surg Br*, 79, 724-6.
64. Millis MB, Kocher MS. (2002) Hip, Pelvis, and Femur: Pediatric Aspects. In: *Orthopaedic Knowledge Update 7* (ed. KJ Koval). American Academy of Orthopaedic Surgeons.
65. Niethard FU. (1997) *Kinderorthopädie*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
66. Niethard FU. (1990) [Radiographic study of the hip in infancy and early childhood]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 128, 357-60.
67. Ombrédanne L. (1923) *Précis clinique et opératoire de chirurgie infantile*. Masson, Paris.
68. Ortolani M. (1937) Un segno poco noto e sua importanza per la diagnosi precoce de prelussazione congenita dell'-anca. *Pediatria*, 45.
69. Paletta JB. (1783) De claudicatione congenita. *Advesaria Chirurgica prima*, 1-66.
70. Paton RW. (2005) Management of neonatal hip instability and dysplasia. *Early Hum Dev*, 81, 807-13.
71. Pemberton P. (1965) Pericapsular osteotomy of the ileum for treatment of congenital subluxation and dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Am*, 47, 65 - 86.
72. Pirpiris M, Payman KR, Otsuka NY. (2006) The assessment of acetabular index: is there still a place for plain radiography? *J Pediatr Orthop*, 26, 310-5.
73. Puhl W. (1977) Manuelle Einrenkung. *Z Orthop*, 115, 643 - 644.

74. Riedl K. (1977) [Use of the Pavlik bandage in the treatment of so-called congenital hip dislocations]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 115, 639-40.
75. Roposch A, Graf R, Wright J. (2006) Determining the Reliability of the Graf Classification for Hip Dysplasia. *Clin Orthop Relat Res*, 447, 119 - 124.
76. Rosendahl K, Aslaksen A, Lie RT, Markestad T. (1995) Reliability of ultrasound in the early diagnosis of developmental dysplasia of the hip. *Pediatr Radiol*, 25, 219-24.
77. Salter R. (1961) Innominate osteotomy in the treatment of congenital dislocation and subluxation of the hip in the older child. *J Bone Joint Surg Br*, 43, 518 - 537.
78. Salter R, Kostuik J, Dallas S. (1969) Avascular Necrosis of the Femoral Head as a Complication of Treatment for Congenital Dislocation of the Hip in Young Children: A Clinical and Experimental Investigation. *Canadian J Surg*, 12, 44 - 62.
79. Schulze K, Schuler P, Maronna U, Jani L, Lenz G. (2002) *Dt. Ges. f. Orthopädie und orthopäd. Chirurgie + BV d. Ärzte f. Orthopädie (Hrsg.), Leitlinien der Orthopädie. Dt. Ärzte-Verlag, 2. Auflage, Köln.*
80. Schuster W. (1973) Röntgenologische Beurteilung der dysplastischen Hüftpfanne. *Orthopädie* 2, 219 - 225.
81. Smith-Petersen M. (1917) A new supra-articular subperisteal approach to the hip joint. *Am J Orthop Surg*, 15, 592.
82. Staheli LT, Chew DE. (1992) Slotted acetabular augmentation in childhood and adolescence. *J Pediatr Orthop*, 12, 569-80.
83. Steel H. (1971) Triple osteotomy of the innominate bone. *J Bone Joint Surg Am*, 53, 343 - 350.
84. Storck H. (1940) Die angeborene Hüftverrenkung als orthopädisch- geburtshilfliches Problem. Enke, Stuttgart.
85. Sury MR, Hatch DJ, Deeley T, Dicks-Mireaux C, Chong WK. (1999) Development of a nurse-led sedation service for paediatric magnetic resonance imaging. *Lancet*, 353, 1667-71.
86. Suzuki S. (1993) Ultrasound and the Pavlik harness in CDH. *J Bone Joint Surg Br*, 75, 483-7.
87. Suzuki S, Kashiwagi N, Seto Y, Mukai S. (1999) Location of the femoral head in developmental dysplasia of the hip: three-dimensional evaluation by means of magnetic resonance image. *J Pediatr Orthop*, 19, 88-91.
88. Tennant S, Kinmont C, Lamb G, Gedroyc W, Hunt DM. (1999) The use of dynamic interventional MRI in developmental dysplasia of the hip. *J Bone Joint Surg Br*, 81, 392-7.

89. Tönnis D. (1984) Die angeborene Hüft dysplasie und Hüftluxation im Kindes- und Erwachsenenalter. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo.
90. Tönnis D. (1977) [Incidence of femur-, head necroses with various repositioning procedures for congenital hip dislocation. Symposium of the work group hip dysplasia. Introduction]. Z Orthop Ihre Grenzgeb, 115, 636-7.
91. Tönnis D. (1978) [The inguinal incision for the open reduction of congenital hip dislocation (author's transl)]. Z Orthop Ihre Grenzgeb, 116, 130-2.
92. Tönnis D. (1984) Die angeborene Hüft dysplasie und Hüftluxation im Kindes- und Erwachsenenalter.
93. Tönnis D. (1978) Hüftluxation und Hüftkopfnekrose. Enke, Stuttgart.
94. Tönnis D. (1976) Normal Values of the Hip Joint for the Evaluation of X-rays in Children and Adults. Clin Orthop Relat Res, 119, 39 - 47.
95. Tönnis D, Behrens K, Tscharani R. (1981) A modified technique of the triple pelvic Osteotomy: Early results. J Pediatr Orthop, 1, 241 - 249.
96. Tönnis D, Itoh K, Heinecke A, Behrens K. (1984) [The management of congenital hip luxation with arthrographic control, an individual risk-reducing and time-saving method. I. Choice of method and risk assessment based on arthrographic findings]. Z Orthop Ihre Grenzgeb, 122, 50-61.
97. Tönnis D, Kuhlmann G. (1969) Untersuchungen über die Häufigkeit von Hüftkopfnekrosen bei Spreizhosenbehandlung und verschiedenen konservativen Behandlungsmethoden der angeborenen Hüft dysplasie und Hüftluxation. Z Orthop, 106, 651 - 672.
98. Tsui B, Wagner A, Usher A, Cave D, Tang C. (2005) Combined propofol and remifentanyl intravenous anesthesia for pediatric patients undergoing magnetic resonance imaging. Paediatr Anaesth, 15, 397 - 401.
99. Ucar DH, Isiklar ZU, Stanitski CL, Kandemir U, Tumer Y. (2004) Open reduction through a medial approach in developmental dislocation of the hip: a follow-up study to skeletal maturity. J Pediatr Orthop, 24, 493-500.
100. Valentin B. (1961) Geschichte der Orthopädie. Thieme, Stuttgart.
101. Wagner H. (1965) Korrektur der Hüftgelenkdysplasie durch die sphärische Pfannenosteotomie. Thieme, Stuttgart.
102. Weiss JW. (1977) [Incidence of femoral head necroses with various repositioning procedures for congenital hip dislocation. Treatment using straddle pants]. Z Orthop Ihre Grenzgeb, 115, 638-9.

103. Westhoff B, Wild A, Seller K, Krauspe R. (2003) Magnetic resonance imaging after reduction for congenital dislocation of the hip. Arch Orthop Trauma Surg, 123, 289-92.
104. Wiberg G. (1933) Studies an the dysplastic acetabulum and congenital subluxation of the hip joint with special reference to the complication of osteoarthritis. j Bone Joint Surg, 15.
105. Wirth CJ. (2001) Praxis der Orthopädie, Band II. Georg Thieme Verlag, Stuttgart/Nex York.
106. Wirth T, Haake M, Hahn-Rinn R, Walthers E. (1998) [Magnetic resonance tomography in diagnosis and therapy follow-up of patients with congenital hip dysplasia and hip dislocation]. Z Orthop Ihre Grenzgeb, 136, 210-4.
107. Woolf C, Koehn J, Coleman S. (1968) Congenital Hip Disease in Utah: The Influence of Genetic and Nongenetic Factors. Am J Human Genet, 20, 430 - 439.
108. Wu CT, Huang SC, Chang CH. (2001) Surgical treatment of subluxation and dislocation of the hips in cerebral palsy patients. J Formos Med Assoc, 100, 250-6.
109. Zapfe E. (1977) [Repositing by means of the overhead extension]. Z Orthop Ihre Grenzgeb, 115, 642-3.
110. Zions LE, MacEwen GD. (1986) Treatment of congenital dislocation of the hip in children between the ages of one and three years. J Bone Joint Surg Am, 68, 829-46.

VIII. Akademische Lehrer

Meine akademischen Lehrer waren Damen/Herren in Marburg:

Arnold, Aumüller, Barth, Basler, Baum, Czubayko, Daut, Eilers, Feuser, Fuchs-Winkelmann, Gerdes, Gotzen, Grzeschik, Gundermann, Herrmann-Lingen, Hertl, Hilt, Hoffmann, Klenk, Klose, Koolman, Krieg, Kroll, Lang, Lill, Löffler, Maier, Maisch, Moll, Mueller, Mutters, Neubauer, Oertl, Remschmidt, Renz, Richter, Rothmund, Schäfer, Schmidt, Schneider, Steiniger, Vogelmeier, Wagner, Weihe, Werner, Westermann, Westphal, Wilke, Wulf.

IX. Danksagung

Ich möchte mich bei Frau Professor Dr. med. Susanne Fuchs-Winkelmann für die freundliche Überlassung des Themas und die Unterstützung bei dieser Arbeit bedanken.

Herrn Dr. med. Benedikt Leidinger danke ich für seine sachkundige, kompetente Betreuung und die kontinuierliche Mithilfe bei der Korrektur dieser Arbeit.

Herrn Professor Dr. med. Johannes Heverhagen bin ich dankbar für seine Unterstützung bei der Auswertung der MRT-Bilder und der Mithilfe bei der Korrektur dieser Arbeit.

Herrn PD Dr. Carsten O. Tibesku möchte ich dafür danken, dass er stets eine sichere Anlaufstelle für organisatorische und fachliche Fragen war.

Mein Dank gilt auch den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern im Archiv, die mir bei der Auffindung der Akten, Röntgen- und MRT-Bilder behilflich waren.

Ebenso gilt mein Dank den Assistenzärzten und Schwestern der Poli-Klinik, die mir stets eine Hilfe waren.

Herrn Privatdozent Dr. Hans-Helge Müller möchte ich für die statistische Beratung danken.

Herrn Dr. Jürgen Paletta danke ich für den regen Ideenaustausch und die Hilfe bei der Korrektur dieser Arbeit.

Nicht zuletzt möchte ich meinen Eltern und meiner Schwester danken, die mich nicht nur während meines Studiums und der Fertigstellung dieser Arbeit unterstützt haben, sondern fortwährend eine große Hilfe sind.